Actes du Colloque

L'AMÉLIORATION DES PLANTES

CONTINUITÉS ET RUPTURES

Montpellier 17-18 octobre 2002

INRA

Actes du Colloque

L'AMÉLIORATION DES PLANTES

CONTINUITÉS ET RUPTURES

Montpellier, 17-18 octobre 2002

Pierre Boistard, Claire Sabbagh
et Isabelle Savini, éditeurs

Janvier 2004

INRA
Institut National de la Recherche Agronomique

Sommaire

Préface

1. Ouverture

. L'amélioration des plantes, un domaine emblématique pour l'INRA, *Bertrand Hervieu*
. Amélioration des plantes et sécurité alimentaire, quantitative et qualitative, de l'humanité. Perspectives, *Marcel Mazoyer)*

2. Histoire des concepts et techniques

. L'introduction de la génétique en France, *Pierre-Henri Gouyon*
. L'évolution des concepts, méthodes et outils en amélioration des plantes, *André Gallais*
. Utilisation d'outils génomiques dans les programmes d'amélioration des plantes.Quelques exemples chez les plantes maraîchères, *Michel Pitrat et Mathilde Causse*
. Amélioration des plantes et génomique : intégration des approches. L'exemple de la vigne, *Anne-Françoise Adam-Blondon*

3. Histoire de l'institution

. Du maïs hybride aux OGM : un demi-siècle de génétique et d'amélioration des plantes à l'INRA, *Christophe Bonneuil et Frédéric Thomas*
. L'INRA dans l'amélioration des plantes des "Trente Glorieuses" à la lumière des préoccupations actuelles, *André Cauderon*
. L'amélioration des plantes : les évolutions et les ruptures des années 80, *Gérard Doussinault et Yves Hervé*

4. L'innovation et ses déterminants : le cas des semences hybrides

. Le fait hybride : conditions de l'innovation et choix stratégiques, *Alain Charcosset*
. L'introduction et l'expansion des hybrides en France, 1930-1970, *Frédéric Thomas*

5. Propriété des ressources et protection juridique des inventions

. L'accès aux ressources génétiques : dynamiques collectives nationales et internationales, *Andrée Sontot et Martine Mitteau*
. Le déséquilibre des droits sur les ressources génétiques et sur l'innovation comme obstacle à la construction d'un monde commun, *Marie-Angèle Hermitte*
. La notion de bien public dans l'amélioration des plantes, *Michel Griffon*

6. Les partenariats

. Évolution des partenariats dans le département "Génétique et amélioration des plantes". L'exemple du maïs, *Robert Dumas de Vaulx*
. Quelques exemples de collaborations dans le domaine de la génomique :
- L'exemple de Bayer Crop Science, *Georges Freyssinet*
- Bioavenir et Génoplante : le difficile apprentissage du partenariat public-privé, *Michel Delseny*

. Propriété intellectuelle et réseaux scientifiques, *Maurice Cassier*

7. L'institution et ses choix actuels

. Les orientations actuelles du département "Génétique et amélioration des plantes", *Marianne Lefort*
. Les perspectives de l'amélioration des plantes vues par les acteurs et les utilisateurs, *table ronde*

8. Conclusions

. Quelques éléments de conclusion, *Guy Riba*
. Intervention de clôture, *Marion Guillou*

Postface

. Ruptures et continuités dans les développements scientifiques : réalité épistémologique ou fiction sociopolitique ?, *Georges Waysand*

Liste des participants

Préface

Pierre Boistard, Claire Sabbagh, Isabelle Savini

De quelles plantes avons-nous besoin ? A quelles fins ? Qui en décide ? Qui doit réaliser, qui doit financer la recherche nécessaire à leur mise au point ? Comment organiser une juste répartition des bénéfices de cette recherche ? Telles étaient les questions qui ont réuni à Montpellier, en octobre 2002, quelque 300 participants pour le colloque *"L'amélioration des plantes, continuités et ruptures",* dont les interventions et les débats sont publiés ci-après.

L'initiative de ce colloque revient à Guy Riba, Directeur Scientifique "Plante et Produits du Végétal". L'un des départements de recherche de ce secteur, "Génétique et Amélioration des Plantes", s'est trouvé depuis quelques années questionné dans ses objectifs et ses méthodes, notamment à travers le débat sur les OGM. Ce département illustre de façon emblématique la diversité des questions qui pèsent sur l'évolution d'une recherche fortement ancrée dans les réalités économiques. L'amélioration des plantes se trouve en effet aujourd'hui prise dans une double accélération : d'une part, avancées rapides des connaissances et des outils qui nécessitent un investissement considérable en terme de financement et de compétences, ce qui impose la concentration des moyens, la mise en place d'alliances et le recentrage des objectifs ; d'autre part, évolution du contexte économique et social avec la mondialisation des échanges et l'ouverture des marchés, la redistribution des cartes entre les acteurs économiques, la modification du statut juridique de la propriété intellectuelle, la revendication grandissante de la société d'un droit de regard sur les choix scientifiques et technologiques.

Ces évolutions conduisent à redéfinir le périmètre d'action d'une activité de recherche dont la légitimité a longtemps fait l'objet de consensus. En effet, l'amélioration des plantes a été, au sortir de la seconde guerre mondiale, dans une situation de pénurie alimentaire, impliquée de façon intime et immédiate dans l'objectif d'accroissement de la production agricole, avec le succès que l'on sait et qui a contribué à faire de la France le 2e pays producteur de semences du monde. La réussite même de cette entreprise a conduit à une diversification des objectifs de sélection et à une rupture graduelle du lien spontané entre amélioration des plantes et production agricole. De nouveaux acteurs, politiques (PED) ou économiques (entreprises de biotechnologies, d'agrochimie) sont entrés en force sur la scène, les consommateurs citoyens ont exprimé de nouvelles exigences, la communauté scientifique elle-même a fragmenté une démarche jusque là homogène en un large spectre de nouvelles disciplines.

La vivacité des débats autour des orientations de recherches sur les plantes reflète la complexité d'un champ d'activité où se croisent des questions scientifiques, politiques, économiques, juridiques, sociales, éthiques et culturelles. Au-delà du cas de l'amélioration des plantes, il est clair que ces questions concernent plus généralement l'innovation scientifique et technique, dans ses conditions de viabilité économique et de confrontation aux attentes et aux réticences de la société. A ce titre, le cas de l'amélioration des plantes pouvait être riche d'enseignements pour un organisme de recherche finalisée comme l'INRA, dont une des missions est de contribuer à l'innovation.

Pour préparer le colloque, des groupes de travail thématiques ont identifié et précisé les questions à traiter, en fonction desquelles les intervenants ont été choisis. Par ailleurs, l'INRA a souhaité un regard extérieur sur les évolutions de l'Amélioration des plantes et a demandé à deux historiens du Centre Alexandre Koyré d'histoire des sciences et des techniques d'en retracer le cheminement à partir des archives de l'Institut et du département "Génétique et Amélioration des Plantes".

La première étape du colloque consiste à resituer l'amélioration des plantes dans un contexte géo-politique large (M. Mazoyer) et la réinscrire dans son histoire, celle de ses idées fondatrices et de ses concepts (P.H. Gouyon, A. Gallais), de ses avancées, de ses techniques racontées de l'intérieur par les chercheurs eux-mêmes (A. Cauderon, Y. Hervé, A.F. Adam-Blondon, M. Pitrat). Histoire aussi d'un département qui servit de matrice à l'organisation de l'INRA et dont les évolutions se lisent au regard de l'histoire de notre pays (C. Bonneuil) et d'un bilan prospectif (M. Lefort).

Les débats actuels sur l'amélioration des plantes sont traversés de controverses dont certaines datent des débuts mêmes de la génétique, de non-dits qu'il paraissait nécessaire d'expliciter, d'analyser et de discuter. La production de semences hybrides notamment, aujourd'hui encore objet de vifs débats, devait être remise en perspective, à la fois au regard des techniques (A. Charcosset) et du contexte historique (F. Thomas).

Cette approche rétrospective est complétée par une présentation de l'état des pratiques actuelles : au plan juridique, d'abord, où l'on note que les modes d'échange et de circulation des ressources génétiques, qui sont la base de l'innovation, demeurent très instables (M.A. Hermitte, A. Sontot), du fait notamment de l'évolution très rapide des techniques d'intervention sur le vivant. La contradiction non résolue entre le bien public (que seraient ces ressources) et le bien privatif (la nouvelle variété, source de profit pour son inventeur) renvoie à la question des limites du brevet sur le vivant. Cette contradiction et, de façon plus globale, la définition floue de ce que sont les biens publics rendent problématique la légitimation d'une intervention exclusive de la recherche publique (M. Griffon).

Autre élément majeur du contexte, le partenariat public/privé est analysé à travers une rétrospective historique des relations de l'INRA avec les entreprises semencières (R. Dumas de Vaulx), l'évocation de nouvelles voies de collaboration explorées dans le domaine de la génomique (G. Freyssinet, M. Delseny), et des solutions envisagées pour empêcher l'installation de monopoles pour la propriété et l'usage des résultats de recherche obtenus en partenariat.

Autre volet du colloque : les interventions des responsables de l'INRA (B. Hervieu, G. Riba, M. Guillou) pour situer les enjeux stratégiques de l'Institut, exposer l'état de la réflexion et faire le point sur les réformes en cours.

Enfin, une table ronde réunissant des industriels, des semenciers, des représentants des consommateurs, des services de contrôle des semences a permis de préciser les attentes des partenaires, des praticiens et des utilisateurs, directs ou indirects, professionnels et institutionnels à l'égard de l'amélioration des plantes.

Le sous-titre du colloque, "continuités et ruptures", fait référence à la façon dont le débat est fréquemment mis en scène : d'un côté, ceux qui se veulent rassurants, tenants d'une innovation fruit d'un état antérieur, avec simplement une puissance accrue des outils techniques ; de l'autre côté, ceux qui appellent à la vigilance, insistant sur les risques à s'engager dans l'inconnu. Evolution ou révolution, découverte ou invention ? Il semble bien que cette opposition binaire est trop belle pour n'être pas un peu rhétorique. C'est le sens de l'intervention de G. Waysand, physicien introduit dans la bergerie des généticiens, qui nous montre la vitalité et la longévité, mais aussi les limites et les pièges de cette antinomie, et pas seulement dans le champ des sciences et techniques.

Au-delà des idées reçues, l'objectif était donc de revisiter les chapitres de l'histoire de l'amélioration des plantes, passée et présente, pour en projeter les contours dans l'avenir. Témoignages, interventions académiques, réflexions théoriques, états d'une question, réactions à chaud, exposés stratégiques, paroles d'acteurs ont illustré par leur diversité l'état mouvant de ce domaine de recherche. Ce colloque était l'occasion pour la communauté de l'amélioration des plantes de l'INRA, et plus largement pour tous ceux qui sont intéressés par cette activité, de relier les débats actuels sur ses orientations à la fois aux évolutions du contexte dans lequel elle s'exerce, et à la dynamique scientifique dont elle est partie prenante. Il s'adressait en priorité aux jeunes chercheurs pour leur permettre de s'approprier les termes du débat, d'en comprendre les enjeux et les inviter à poursuivre collectivement une réflexion nécessaire sur les finalités de leurs travaux. Plus largement, le lecteur intéressé par ce domaine stratégique de recherche, y trouvera certainement matière à s'informer et envie de prolonger le débat.

Nous avons souhaité conserver à certains de ces textes le style qui s'attache aux communications orales, en espérant que les participants retrouveront un écho de l'atmosphère stimulante de ces deux jours de communication et de discussions.

Le comité de pilotage en charge du programme et de l'organisation du colloque

. **Pierre Boistard**, INRA – Laboratoire "Biologie moléculaire des relations plantes-microorganismes", Président du comité

. **André Charrier**, professeur de Génétique et amélioration des plantes à l'ENSA Montpellier, unité mixte de recherche "Diversité et génomes des plantes cultivées"

. **Pierre-Henri Gouyon**, professeur à l'université de Paris-Sud (Orsay), directeur du laboratoire "Ecologie, systématique et évolution"

. **Philippe Gracien**, directeur du Groupement national interprofessionnel des semences et plants (GNIS)

. **Pierre-Benoît Joly**, INRA – unité "Environnement, techniques, sociétés et politiques économiques"

. **Etienne Landais**, directeur de l'ENSA Montpellier

. **Marianne Lefort** INRA – chef du département "Génétique et amélioration des plantes"

. **Jean-Pierre Monod**, président de Pro-Maïs

. **Guy Riba**, INRA – directeur scientifique "Plante et produits du végétal"

. **François Rodolphe**, INRA – unité "Mathématique, informatique, génome"

. **Claire Sabbagh**, INRA – Direction de l'innovation et des systèmes d'information

. **Isabelle Savini**, INRA – Direction de l'innovation et des systèmes d'information

. **Francis-André Wollman**, CNRS – président de la commission "Biologie végétale" du Comité national de la recherche scientifique

L'amélioration des plantes, un domaine emblématique pour l'INRA : histoire, identité, horizons

Bertrand Hervieu, Président de l'INRA

Il me revient d'ouvrir le feu et je remercie les organisateurs d'avoir souhaité me donner la parole, non pas pour introduire la question de l'amélioration des plantes mais, puisqu'il s'agit de construire un débat, pour lancer quelques réflexions susceptibles d'alimenter ce débat.

L'amélioration des plantes, une ambition constitutive de l'identité de l'INRA

La première réflexion que je voudrais faire, c'est que l'amélioration des plantes a bien été au cœur non seulement de l'histoire mais de la construction de l'INRA. Lorsque cet institut de recherche a été fondé l'agriculture française était, en effet, dans une situation assez désastreuse : l'agriculture occupait plus de 30% de la population active totale et, pourtant, n'assurait pas l'autosuffisance alimentaire du pays. L'idée assez simple – qui, aujourd'hui, nous paraît simple en tout cas – qui prévalait alors était de mettre la science au service du développement de l'agriculture, avec un projet qui s'appuyait sur deux piliers : l'amélioration des plantes et la sélection animale.

Je crois que l'on peut dire que, par rapport aux objectifs que s'étaient fixés les pères fondateurs, la réussite a été exemplaire : en moins de vingt ans, nous sommes passés d'une situation de pénurie relative à une situation d'abondance et même, très rapidement, de surabondance dans un certain nombre de secteurs. L'augmentation considérable des rendements illustre parfaitement cette réussite, qu'il s'agisse du blé tendre (de 20 q/ha dans les années 50 à 70 q/ha à la fin des années 90), du maïs (de 20 à 90 q/ha) et même du colza (de 15 à 30 q/ha)… Un essor que d'autres pays développés ont connu mais qui, en France, s'est accompagné d'un phénomène très spécifique : l'épanouissement d'un grand secteur semencier composé d'un réseau très dense de PME/PMI où, à la fin des années 90, on comptait une centaine d'obtenteurs, plus de 2 000 actifs et 180 millions d'euros investis annuellement dans la recherche. Des chiffres qui font de la France le deuxième producteur et le troisième exportateur mondial de semences commerciales.

Ces succès, l'agriculture française les doit en bonne partie au programme d'amélioration des plantes et aux avancées scientifiques remarquables qu'il a engendrées, en génétique, bien entendu, mais aussi dans un très grand nombre d'autres disciplines comme la physiologie végétale. A ce titre, l'amélioration des plantes peut, à bien des égards, être considérée comme un secteur emblématique de la réussite de l'INRA, établissement public de recherche finalisé, dédié au développement des connaissances, mais aussi au développement de l'agriculture et des industries qui y sont liées.

L'amélioration des plantes, un projet au cœur des relations ambivalentes entre la science et la société

La deuxième réflexion que cette "épopée" m'inspire a trait au positionnement de la science dans notre société.

Ce processus d'amélioration des plantes a instauré et diffusé dans le corps social une culture scientifique marquée par une sorte de distanciation, d'éloignement et même de rupture vis-à-vis de la nature ; ceci afin de la connaître, la transformer et l'utiliser. Il s'agit là d'un processus banal, inhérent à toute démarche scientifique. La particularité de l'amélioration des plantes est que ce phénomène s'est heurté à une vision de la nature héritée des sociétés paysannes. La France – à la différence d'autre pays, notamment du Nord de l'Europe – est en effet un pays qui a mis longtemps à faire le deuil de son identité paysanne; un pays où l'état de paysan a cédé la place au métier d'agriculteur à la fois tardivement et brutalement : n'oublions pas qu'il y a moins d'un demi-siècle les agriculteurs représentaient près d'un tiers de la population active contre un peu moins de 4% aujourd'hui ! Une

transformation radicale qui s'est, de plus, doublée d'un paradoxe extraordinaire puisque le jour où nous cessions d'être une société agricole, nous devenions une grande puissance agricole.

Cette grande rupture a, on le sait, conduit notre société à s'interroger sur le mouvement agricole qui l'a portée et sur les politiques qui l'ont favorisée. La science, en revanche, a échappé à cette remise en question alors qu'elle a été un des moteurs de cette transformation. En même temps, les chercheurs – et particulièrement les sociologues – ne se sont pas assez penchés sur les mutations à l'œuvre et les conséquences sociales qui en découlaient. D'où un manque de références et de clefs de compréhension de ce qu'on appelle aujourd'hui le malaise du monde agricole, et qui se traduit notamment par un très grand désarroi dans la vision de la finalité et de l'identité du métier d'agriculteur. Dans cette crise, la question de la relation à la nature et au vivant, qu'il soit animal ou végétal, est pourtant essentielle. Or la recherche n'a pas su y apporter un minimum d'explications et encore moins de réponse, alors même que la science portait une lourde responsabilité dans le bouleversement de la conception du vivant. On a mis la science du côté du progrès en oubliant qu'elle était aussi synonyme d'arrachement et de transformation de notre identité. Au final, c'est le deuil inachevé de cette identité perdue qui suscite des tensions très fortes aujourd'hui. Tout cela n'est pas l'écume des jours ou le clapotis des vagues : nous sommes en face de problèmes extraordinairement profonds qui sont loin d'être réglés.

L'amélioration des plantes, un secteur au cœur des défis et des tensions de l'INRA de demain

La troisième réflexion que je voudrais partager avec vous c'est, qu'à mon sens, l'amélioration des plantes est attendue, par nos concitoyens, sur les quatre terrains où s'inscrit le champ de compétence de l'INRA.

La première attente de nos concitoyens à notre égard est, évidemment, la production de connaissances. Dans ce domaine, l'amélioration des plantes est tout à fait exemplaire. On lui doit, en effet, bon nombre de nouveaux outils d'investigation, de nouvelles problématiques de recherche et même des nouvelles disciplines. Sans ce secteur, l'INRA n'aurait sans doute pas pris, ou alors avec retard, le tournant de la génomique. A ce titre, il contribue pleinement à la légitimation de ce que nous sommes et de ce que nous faisons.

L'innovation est le deuxième pilier du champ de compétence où s'inscrit la stratégie de l'INRA et, là encore, le secteur de l'amélioration des plantes joue un rôle moteur dans le devenir de notre institut. Je n'ai pas besoin de beaucoup y insister : les succès obtenus depuis plus d'un demi-siècle en matière de créations variétales parlent d'eux-mêmes.

Le troisième terrain sur lequel nous sommes attendus est, à l'échelle de l'histoire de l'INRA, nettement plus nouveau. Il s'agit en effet de l'expertise, sujet éminemment difficile qui, si on n'y prend garde, peut nous mettre dans des situations quelque peu schizophrènes. Face à la rapidité du développement scientifique et aux controverses qui surgissent, nos sociétés expriment un fort besoin de réassurance en direction de la recherche publique. Répondre à cette attente n'est pas toujours simple : les conditions ne s'y prêtent pas toujours et les réponses peuvent parfois nous diviser. Il faut en être conscient et, parfois, savoir résister au pouvoir de la science : le scientifique n'a pas à se substituer au politique, ni dans le débat ni dans la décision. Pour autant, s'il ne nous revient pas de dire la norme, il nous revient de dire l'état des connaissances. Or même cela est compliqué. Pour des raisons qui peuvent tenir aux liens qui nous unissent à des opérateurs économiques ou politiques, bien sûr. Mais pas seulement. Je pense que l'expertise nous pose une difficulté de fond, à savoir mener, de front, l'expertise et cet exercice de pédagogie de chaque instant qui est de faire rentrer nos contemporains dans ce qu'est la culture scientifique. Car la science, c'est avant tout le doute, c'est-à-dire tout le contraire de ce besoin de réassurance que nos contemporains expriment à travers leur demande d'expertise. Il n'y a pourtant pas d'alternative : on ne peut espérer diffuser la culture scientifique en passant sous silence les questionnements, la controverse, les limites de la connaissances. Si nous ne portons pas ce message, si nous les laissons croire que la science leur donnera toutes les garanties et toutes les réponses, alors il ne faudra pas s'étonner que nos contemporains aient peur du risque et de l'incertitude. Dans ce domaine, notre responsabilité est immense. Le secteur de l'amélioration des plantes ne déroge pas à la règle. Il est même au cœur du problème depuis que les OGM l'ont propulsé sur le devant de la scène.

Enfin, quatrième et dernier terrain où nous sommes, à mon sens, attendus : les biens publics. Il s'agit, d'abord, de la connaissance et de l'innovation en tant que biens publics, c'est-à-dire de résultats et de réalisations qui profitent au plus grand nombre. Il s'agit, aussi, de la question essentielle de la gestion des ressources génétiques à travers les collections, ainsi que de la gestion de la biodiversité sauvage, deux domaines où le secteur de l'amélioration des plantes a un rôle essentiel à jouer.

Pour clore cette intervention, je voudrais insister sur la question, à mon avis essentielle, de la propriété intellectuelle. Certains d'entre vous m'ont déjà entendu exprimer le traumatisme qui a été pour moi l'annonce du rachat de 33% des établissements Claude-Camille Benoît par Novartis, il y a deux ans et demi, au moment où j'arrivais à l'INRA. J'avais dit à ce moment-là : "C'est quand même incroyable, voilà une PME qui est un fleuron du transfert, qui a servi l'agriculture française d'une façon étonnante, qui a été une interface avec la recherche publique d'une façon absolument magnifique, et nous voyons partir cinquante ans de recherche publique à une firme dont les intérêts français ne sont pas la première préoccupation". Un an après, les 33% s'étaient transformés en 50% puis, finalement, 100%. Et dans le même temps, Novartis était devenu Syngenta à la faveur d'une fusion-acquisition. Pour moi, cette affaire n'est pas du tout anecdotique. Bien sûr, je ne suis pas partisan d'une diabolisation des partenariats, ni même des partenaires, fussent-ils des firmes multinationales. Si nous voulons être véritablement en mesure de remplir nos missions d'expertise, être au cœur de la recherche en train de se faire, nous devons être au plus près de la recherche et des capacités d'innovation du secteur privé. Pour autant, le contribuable français, voire européen, ne subventionne pas la recherche publique afin de servir des intérêts qui ne sont pas les nôtres. D'où la nécessité, pour nous, de construire des partenariats de façon réfléchie et prudente : en amont pour définir nos orientations, et en aval pour mutualiser les fruits de nos efforts communs. Seule la sécurisation de nos partenariats permettra, en effet, aux producteurs et à nos concitoyens en général, d'avoir accès aux avancées de la science, avec, dans le cas de l'amélioration des plantes, l'objectif de permettre à l'Europe de rester autonome quant à l'accès à ses ressources génétiques.

L'Europe, voilà en effet l'échelle à laquelle nous devons désormais raisonner. Il ne s'agit plus de mettre la science au service du développement de la seule agriculture française comme après la première guerre mondiale, mais de faire de la recherche agronomique un des piliers de la construction européenne, d'une Europe réconciliée avec elle-même, du Nord au Sud et de l'Est à l'Ouest, d'une Europe artisan d'un monde multipolaire fondé sur le principe de la souveraineté alimentaire.

Discussion

Intervention de la salle : Dans les missions de l'INRA que vous avez mentionnées, il en manque, à mon avis, une : le rôle de l'institution dans la formation. Pour moi, la recherche est aussi formatrice. Elle crée des cadres. Ce qui m'intéresse, ce sont les gens qui rentrent à l'INRA et qui en sortent. C'est vrai pour l'INRA, pour le CNRS, pour l'INSERM. Aujourd'hui, vous avez une responsabilité de formation qui est au moins aussi grande que celle de création d'innovations. Je crois que c'est tout à fait important. Négliger cet aspect serait très dangereux.

Je ne parlerai pas de Novartis. Je suis en désaccord avec vous sur cette question. Je pense que le rôle des brevets dans la mutualisation est tout à fait secondaire.

B. Hervieu : Ça, ce n'est pas un désaccord. Sur le premier point, je vous remercie de souligner l'importance de la diffusion de la culture scientifique et donc de la formation au sens large. C'est vraiment un point essentiel, qui relève effectivement des organismes de recherche.

F. Burgaud (GNIS) : Je crois qu'il est difficile de parler, à l'occasion du rachat d'une entreprise comme Benoît par Novartis, d'un transfert non maîtrisé de ressources. Comme si les ressources génétiques des établissements Benoît avaient disparu des ressources qui sont à la disposition de ceux

qui travaillent en amélioration des plantes, que ce soit dans le secteur public ou dans le secteur privé ! Pour moi, la question de la mutualisation est effectivement celle de l'accès aux ressources génétiques et du type de propriété intellectuelle utilisé. Il faut insister sur le fait que le régime de propriété intellectuelle applicable aux variétés, créé dans les années 60, a bien pour objectif cette mutualisation, c'est-à-dire ne pas fermer l'accès à la nouveauté. Quel que soit le propriétaire capitalistique, si j'ose dire, les variétés de Benoît, dans l'état actuel des choses, sont toujours autant à la disposition de la communauté scientifique. Concernant les ressources génétiques, je m'inquiète beaucoup plus des résultats des négociations, que ce soit à la FAO ou dans le cadre de la convention sur la biodiversité, qui vont compliquer d'une manière extraordinaire les échanges de ressources entre sélectionneurs, que de savoir si le capital de la société Benoît a changé de main.

B. Hervieu : C'est un point de vue, mais je note que vous dites bien "dans l'état actuel des choses". Dans l'état actuel des choses, je suis d'accord avec vous. Mais qu'en sera-t-il dans dix ou vingt ans ? Quelle sera la stratégie de Syngenta par rapport à l'innovation, par rapport à la recherche et par rapport à nos partenariats ? Je ne voudrais pas que les agriculteurs français ou européens finissent par être pieds et poings liés aux multinationales de l'agro-fourniture. Quand je vois ce qu'a été la politique de Syngenta en Argentine, j'ai quelques raisons de ne pas être complètement rassuré…

Amélioration des plantes et sécurité alimentaire, quantitative et qualitative, de l'humanité. Perspectives

Marcel Mazoyer

Institut National Agronomique Paris-Grignon - 16 rue C. Bernard - 75005 Paris

M. Mazoyer est professeur d'Agriculture comparée à l'Institut national agronomique Paris-Grignon, et dans plusieurs universités, en France et à l'étranger. Il est membre du Conseil de prospective européenne et internationale auprès du Ministre en charge de l'agriculture, et vice-président de l'Association française pour la FAO.

Pour préparer cette intervention, j'ai d'abord revisité l'histoire de la *domestication* des plantes, de leur *acclimatation* et de leur *adaptation* aux différents systèmes de culture qui se sont succédés dans les différentes parties du monde depuis le Néolithique (cf. Encadré). Tout cela pour en arriver aux questions relatives à l'*appropriation* des plantes aux conditions de production très différenciées existant dans le monde, aujourd'hui.

Mais finalement, il m'a été demandé, pour situer ces questions dans un cadre plus large, de présenter brièvement la situation agricole et alimentaire mondiale et ses perspectives.

1. La situation agricole et alimentaire mondiale

Une immense progression agricole et alimentaire

Au cours de la seconde moitié du 20e siècle, la population mondiale a été multipliée par 2,4 – passant de 2,5 milliards de personnes en 1950 à 6 milliards en l'an 2000. Dans le même temps, la production agricole et alimentaire mondiale a été multipliée par 2,6 : progressant donc un peu plus vite que la population. Et progressant bien davantage (1,6 fois plus) en 50 ans qu'elle ne l'avait fait, auparavant, en 10 000 ans d'histoire agraire.

Bien sur, la révolution agricole contemporaine et sa variante tropicale, la révolution verte, ont joué un rôle considérable dans cette progression. Mais cela n'explique pas tout : dans le même temps, la superficie cultivée dans le monde est passée de 1 330 millions à 1 500 millions d'hectares ; les terres irriguées – un hectare irrigué valant 2 ou 3 hectares non irrigués – sont passées de 70 millions à 240 millions d'hectares. A quoi il faut ajouter le développement, dans certaines régions très densément peuplées du monde, de systèmes de cultures et d'arboricultures associées, à plusieurs étages de végétation, capables de produire sans intrants une biomasse utile aussi élevée que les systèmes de culture les plus chimisés du monde...

Une situation agricole et alimentaire inacceptable

Mais l'ampleur de ce "bond en avant" ne saurait en faire oublier les limites et les inconvénients : sur 6 milliards d'humains, 2 milliards souffrent de malnutrition due à de graves carences en micronutriments ; et 840 millions, dont 800 millions dans les pays en développement, souffrent de sous-alimentation calorique chronique, ce qui signifie qu'ils ont faim presque tous les jours.

De plus, on sait aujourd'hui que les trois quarts des personnes souffrant de la faim sont des paysans pauvres (mal équipés, mal situés, mal lotis) ou d'ex-paysans récemment condamnés à l'exode vers les bidonvilles sous-équipés et sous-industrialisés ou vers les camps de réfugiés. Et on sait que, malgré un exode rural de l'ordre de 50 millions de personnes par an, le nombre de pauvres et affamés des campagnes ne diminue guère. Ce qui veut dire qu'on "fabrique" chaque année dans les campagnes du monde une cinquantaine de millions de nouveaux pauvres, si pauvres qu'ils ont faim et sont condamnés à l'exode ou à mourir sur place.

Ce qui n'est pas étonnant, puisque la population agricole totale mondiale, familles comprises, s'élève aujourd'hui à près de 3 milliards de personnes. Puisque, pratiquement partout dans le monde, le revenu moyen des paysans est non seulement très inférieur au revenu moyen des citadins, mais aussi nettement inférieur au salaire des travailleurs non qualifiés.

Pas étonnant quand on sait que pour une population agricole active totale de 1,3 milliard de personnes, on ne compte dans le monde que 28 millions de tracteurs, soit 2,1 pour cent de ces actifs agricoles. Et quand on sait que, d'un autre côté, un tiers des paysans du monde, soit 400 à 500 millions de personnes actives agricoles (soit 1 milliard de personnes en comptant les familles) travaillent à la main, sans tracteur, sans animaux de trait, sans semences sélectionnées achetées, sans engrais minéraux et sans pesticides. Et que ces paysans mal équipés produisent tout au plus 10 quintaux de céréales ou d'équivalent-céréales par travailleur et par an (1 hectare par travailleur que multiplie 10 quintaux par hectare).

2. Comment a-t-on pu en arriver là ?

La révolution agricole contemporaine, la révolution verte et leurs limites

Dans les pays développés en effet, moins de 10% des exploitations existant au début du siècle ont réussi à franchir toutes les étapes de la révolution agricole contemporaine ; les autres ont cessé d'exister. En grandes cultures par exemple, en une cinquantaine d'années, la puissance des tracteurs et la superficie cultivée maximum par travailleur ont été multipliées par 10, alors que, grâce aux semences sélectionnées, aux engrais et aux pesticides, les rendements sont passés de l'ordre de 10 quintaux par hectare à près de 100 quintaux. Dans ces conditions, avec un matériel valant plus de 300 000 dollars, un travailleur agricole peut produire à lui seul plus de 10 000 quintaux de céréales (100 hectares par travailleur que multiplie 100 quintaux par hectare). Ainsi, dans le monde d'aujourd'hui, l'écart de productivité entre la culture manuelle la moins performante et la culture motorisée la plus performante est de l'ordre de 1 à 1 000. Alors que, au début du 20e siècle, l'écart de productivité entre la culture manuelle et la culture à traction animale la plus performante était de l'ordre de 1 à 10.

Dans les pays en développement cependant, la plupart des paysans n'ont jamais eu les moyens d'acheter ni tracteurs, ni machines. La majorité d'entre eux ont tout de même pu acheter les semences à haut rendement de la révolution verte et utilisent couramment des engrais et des produits de traitement. Ainsi, avec la traction animale ou avec de petits motoculteurs, les plus performants de ces paysans peuvent aujourd'hui produire quelques centaines de quintaux de riz par travailleur, en 2 ou 3 récoltes par an ; mais beaucoup travaillent uniquement à la main, sans animaux de trait ni moyens mécaniques, et produisent moins de 100 quintaux par an.

En fin de compte, il reste donc plusieurs centaines de millions de paysans qui non seulement travaillent eux aussi à la main, mais qui de surcroît n'ont jamais eu les moyens d'acheter ni semences, ni engrais, ni pesticides, et qui, comme nous l'avons dit, ne produisent pas plus de 10 quintaux d'équivalent-céréales par travailleur et par an.

A quoi il faut ajouter que, dans de nombreux pays ex-coloniaux (Amérique latine, Afrique du Sud…) ou ex-communistes (Ukraine, Russie…) n'ayant pas connu de réforme agraire récente, la majorité de ces paysans mal équipés sont de plus massivement privés de terre et de travail par la persistance de très grands domaines, de plusieurs milliers ou dizaines de milliers d'hectares, et sont par là même obligés d'accepter des salaires allant de ¼ de dollar à 3 dollars par jour.

La délocalisation de la révolution agricole dans les pays latifundistes à bas salaire

C'est pourquoi, depuis la fin des années 1970 au Sud et depuis le début des années 1990 à l'Est, de grands investisseurs internationaux ont profité, d'une part, de la libéralisation des mouvements internationaux de capitaux et, d'autre part, des structures latifundistes et des bas salaires existant dans ces pays, pour investir massivement dans leur agriculture.

Profitant aussi, sans restriction ni délai, des techniques de la révolution agricole et de la révolution verte, ces grands investisseurs ont mis en place, rapidement, d'énormes combinats agricoles et

industriels concentrés horizontalement et intégrés verticalement. Des combinats dans lesquels le niveau d'équipement et de productivité est aussi élevé que celui des agriculteurs les plus performants d'Amérique du Nord ou d'Europe occidentale, et dans lesquels un travailleur gagnant moins de 1 000 dollars par an peut, lui aussi, produire 10 000 quintaux de céréales par an. Ce qui met le coût de la main d'œuvre nécessaire pour produire 1 kilo de grain à moins de 1/1 000e de dollar. C'est-à-dire rien… Et ce qui met couramment le prix de revient du blé à moins de 10 dollars le quintal, le prix du soja à moins de 15 dollars le quintal, le prix du bœuf à moins de 1 dollar le kilo, celui de la volaille à moins de 1/2 dollar, et celui du lait à moins de 1/10e de dollar le litre, etc.

Ces très bas prix agricoles s'imposent d'abord dans les pays où ces combinats gagnent du terrain. Là, ils gênent le développement des grandes exploitations familiales, bloquent le développement des moyennes, et ruinent la majorité des petites. Ce qui aggrave encore l'exode, le chômage, les bas salaires et la sous-alimentation ; ce qui réduit le marché intérieur et accroît les surplus exportables à bas prix de ces pays.

Du coup, ces bas prix tendent aussi à s'imposer sur les marchés internationaux des matières premières agricoles. Et ils le feront de plus en plus, car il existe beaucoup de terres sous-utilisées dans ces pays et beaucoup de capitaux nomades prêts à s'y investir, alors même que, d'un autre côté, les marchés internationaux des matières premières agricoles de base sont assez étroits et ne représentent généralement qu'une petite fraction de la production et de la consommation mondiale : moins de 15% pour les céréales par exemple. Et, avec la libéralisation des échanges agricoles internationaux, ces bas prix tendent aussi à s'imposer à l'intérieur des pays qui protègent et qui soutiennent de moins en moins leur agriculture.

Or ces prix internationaux sont aujourd'hui très inférieurs aux prix de revient de la très grande majorité des agriculteurs du monde. Très inférieurs aux prix qui permettraient à la plupart d'entre eux, d'investir et de progresser. Très inférieurs aussi, malheureusement, aux prix qui permettraient aux paysans les plus démunis du monde et à leurs familles de manger à leur faim.

A ces prix-là, la plupart des agriculteurs des pays développés auraient un revenu nul ou négatif. Mais comme ils appartiennent à des pays riches qui veulent conserver leur indépendance alimentaire et une base d'approvisionnement sûre et peu coûteuse pour leurs industries de transformation et de distribution, ils reçoivent pour compenser des aides publiques, directes ou indirectes, visibles ou non, qui leur permettent d'obtenir un revenu plus ou moins acceptable.

Dans les pays agricoles pauvres par contre (il existe plus de 80 pays à faible revenu et forte dépendance alimentaire), des pays souvent surendettés et obligés (par les institutions financières internationales) d'importer sans protection des denrées vivrières de base, les paysans produisant moins de 10 quintaux d'équivalent-céréale par travailleur sont directement appauvris et affamés par la baisse des prix internationaux : il y a 30 ans, un tel paysan, qui vendait 3 quintaux à 45 dollars le quintal pour acheter ses houes…, pouvait nourrir sa maisonnée avec les 7 quintaux restant ; aujourd'hui, à 15 dollars le quintal, et parfois beaucoup moins s'il est éloigné du marché, il doit en vendre 6 et ne peut nourrir sa famille avec les 4 quintaux restant.

La baisse des prix agricoles réels

Ainsi, au cours de la seconde moitié du 20e siècle, les *gains de productivité* obtenus par la révolution agricole contemporaine et par la révolution verte, auxquels sont venus s'ajouter les *gains de compétitivité* (dus à la délocalisation de la révolution agricole dans les pays latifundistes à très bas salaire et les aides publiques compensatoires pratiquées dans les pays développés) ont été si énormes et si rapides qu'ils ont très largement dépassé ceux de l'industrie et des services. De sorte que, en 50 ans, les prix en dollars constants (déduction faite de l'inflation) des matières premières agricoles ont été divisés par 4, 5, ou 6, selon les produits et selon les pays. Et c'est pourquoi près de 500 millions d'actifs agricoles, soit 1 milliard de personnes familles comprises, sont aujourd'hui condamnés à la pauvreté extrême, à la faim, à l'exode, au chômage, au bas salaires, à l'émigration…

Or, on le sait, pour nourrir tout juste suffisamment (pour supprimer les carences alimentaires et la faim) 6 milliards d'humains, il faudrait dès maintenant augmenter la production mondiale de 25%. Et

pour nourrir tout juste suffisamment 10 milliards d'humains, dans un peu plus de 50 ans, il faudra la doubler. Ce qui, en valeur absolue, représente une augmentation de production beaucoup plus importante que celle obtenue au cours des 50 dernières années. Pour cela, il faudra exploiter intensément et durablement toutes les terres exploitables de la planète. Pas seulement les terres bien situées, fertiles, faciles à aménager, qui sont déjà intensément exploitées, mais aussi toutes les terres inexploitées et sous-exploitées, y compris les moins favorisées impossibles à mécaniser (il existe dans le monde presque autant de terres exploitables durablement et non exploitées, que de terres déjà exploitées). Pour atteindre cet objectif, il faut garantir à tous les paysans du monde, dans toutes les régions du monde, des prix suffisamment élevés et stables pour leur permettre de vivre de leur travail, d'investir et de progresser. Les prix agricoles internationaux sont beaucoup trop bas, beaucoup trop distordus, beaucoup trop instables pour mettre en valeur toutes les terres exploitables durablement. Ce qui nous conduit à penser que pour éradiquer durablement les carences alimentaires et la faim dans le monde, il faut réorganiser les échanges agricoles internationaux, de manière à rétablir des prix agricoles permettant à tous les paysans du monde de vivre dignement de leur travail.

3. Quelques questions pour finir

Dans cette perspective, et revenant au sujet qui nous réunit aujourd'hui, quelques questions me paraissent s'imposer.

Première question : comment améliorer les plantes cultivées par ces centaines de millions de paysans peu ou pas solvables ? Comment faire pour que des centaines de généticiens de terrain, formés à cet effet, soient mis au service de ces paysans, pour les aider à sélectionner et à multiplier, avec les moyens du bord, les espèces et les variétés les plus appropriées à leurs conditions. Autrement dit, comment mettre en place, à grande échelle, les moyens d'une amélioration des plantes *participative et appropriée*, visant à augmenter la production et à assurer la sécurité alimentaire des centaines de millions de paysans qui en sont aujourd'hui exclus ? Comment faire pour que, au cours des prochaines décennies, la très majorité d'entre vous, chercheurs, soient vraiment au service de la sécurité alimentaire de l'humanité ?

Deuxième question : d'un autre coté, on comprend bien que pour exploiter intensément et durablement toutes les terres exploitables sans inconvénient et tirer le meilleurs parti de toutes les niches écologiques de la planète, il faudra aussi disposer d'un matériel végétal aussi diversifié que possible. Or, de ce point de vue, il me semble que l'on est loin du compte : on connaît si je ne me trompe plus de 500 000 espèces végétales, dont environ 50 000 sont nourricières. Les cultivateurs néolithiques en ont domestiqué et rendu exploitables quelques dizaines. Parmi ces dernières espèces, quinze fournissent 90% de notre alimentation, et trois (riz, maïs, blé) en fournissent 50%. Beaucoup de chercheurs travaillent aujourd'hui à améliorer ces trois (ou quinze) espèces les plus consommées, dont l'importance à court terme n'échappe à personne. Mais à long terme, n'est-il pas aussi important que nombre de naturalistes et de généticiens travaillent à mieux connaître et à améliorer ces 50 000 autres espèces nourricières ? L'exploitation optimum, l'humanisation optimum, de la planète qui sera nécessaire dans cinquante ans ne passe-t-elle pas par là ? Cinquante ans c'est court en matière de recherche : combien l'INRA, le CIRAD et les autres centres de recherche nationaux ou internationaux embauchent-ils de chercheurs pour s'occuper de ces questions-là ?

Troisième question (cf. Encadré) : chacun reconnaît que les producteurs et les consommateurs ne sont pas très impliqués dans les choix et les processus de sélection actuels. La question est donc de savoir comment conduire et contrôler cette sélection pour éviter des dérives environnementales ou qualitatives, qu'elles soient réelles, virtuelles, ou fantasmées, mais en tout cas assez inquiétantes, pour conduire à la désaffection des uns et des autres, et parfois, au refus de produire ou de consommer. Voilà la situation. Et ni les dépenses de vérification de l'innocuité environnementale et sanitaire des procédés et des produits de la sélection, ni les dépenses de communication, ni les comités d'experts, ni les comités d'éthique n'arrivent à surmonter le problème. Producteurs et consommateurs ne soutiendront la recherche et ses produits que s'ils participent démocratiquement aux orientations, au contrôle, aux autorisations.

Domestication, acclimatation, adaptation, appropriation des plantes

Domestication

L'homme n'est pas né agriculteur, il l'est devenu après des centaines de milliers d'années d'humanisation (c'est-à-dire d'évolution biologique, technique et culturelle). C'est au Néolithique seulement, depuis moins de 10 000 ans, que quelques sociétés villageoises, relativement spécialisées dans la cueillette d'espèces végétales abondantes, se sont constituées, sédentarisées, accrues et transformées d'elles-mêmes en sociétés d'agriculteurs. Des populations d'espèces végétales sauvages ont alors été choisies, parmi des dizaines d'autres, pour leur intérêt et leur facilité d'utilisation. Elles ont ensuite été soumises pendant des générations aux conditions de reproduction et de croissance toutes nouvelles de la protoculture, à savoir : être semées ensemble à la première saison favorable ; pousser côte à côte, sur un terrain plus ou moins débarrassé des autres populations végétales non désirées ; être récoltées ensemble, en partie consommées, et pour une autre part, ressemées ensemble ; et ainsi de suite…

Après des générations d'un tel traitement, les populations de certaines espèces ainsi cultivées ont perdu quelques caractères morphologiques et comportementaux sauvages, pour en acquérir d'autres qui, pour peu qu'ils se soient avérés transmissibles et avantageux, se sont perpétués dans les populations cultivées descendantes, plus tard qualifiées de domestiques ; lesquelles ont largement supplanté celles qui, pour une raison ou une autre, n'ont pas été domestiquées.

La plupart des plantes cultivées ont ainsi été domestiquées au Néolithique. D'abord dans les centres primaires de domestication constitués par les foyers d'origine des différentes agricultures nées à cette époque : foyer proche-oriental, foyer chinois, foyer papou, foyer centre-américain, foyer andin, foyer nord-américain. Ensuite dans les non-centres secondaires de domestication constitués par les aires d'extension tropicales, riches en espèces utiles, de ces agricultures néolithiques : Afrique soudanienne ; Est, Sud-Est et Sud de l'Asie ; Nord, Nord-Est et Nord-Ouest de l'Amérique du Sud. Enfin, plus rarement, dans leurs aires d'extension tempérées ou montagnardes : pourtour méditerranéen et Europe, Asie centrale, Amérique du Nord, et Sud de l'Amérique du Sud.

Résultat sélectif, inconcevable a priori et donc essentiellement non intentionnel, de la protoculture prolongée, la domestication n'en est pas moins un processus intrinsèquement anthropique. Et elle l'est d'autant plus que l'observation, la comparaison et le choix, mille fois renouvelés par des milliers d'agriculteurs, des semences issues des récoltes quantitativement et qualitativement considérées comme les meilleures du voisinage, ont nécessairement, malgré les aléas du procédé, beaucoup favorisé le processus.

Acclimatation

De la même manière que, par la suite, les choix répétés des semences issues des meilleures récoltes ont aussi favorisé le processus d'adaptation de ces formes domestiques aux conditions naturelles et aux exigences humaines des localités et des pays dans lesquels les cultivateurs les ont introduites, jusqu'aux limites de leur aire d'extension. De même que les choix des jardiniers du roi et de quelques autres ont conditionné le processus d'acclimatation d'espèces domestiquées sous d'autres cieux, importées par les grands découvreurs. De même, enfin, que les choix des agriculteurs, qui commencèrent à cultiver ces espèces acclimatées ont accéléré leur adaptation aux conditions et aux exigences des localités et des pays dans lesquels ils se trouvaient.

Adaptation

De même manière que, le temps passant, dans chaque région, les choix des agriculteurs ont conditionné le processus d'adaptation de ces populations végétales (déjà domestiquées et acclimatées) aux conditions écologiques, techniques, économiques et culturelles nées de chacune des révolutions agricoles (changement de système agraire) qui se sont déroulées dans chaque région.

En Europe du Nord-Ouest par exemple : adaptation progressive au déboisement intervenu à la fin du Néolithique et au début de l'Age des métaux ; adaptation aux maigres fumures des systèmes agraires à jachère et culture attelée légère antiques (<5 t d'équivalent-fumier/ha/an) ; adaptation aux moyennes fumures des systèmes à jachère et culture attelée lourde médiévaux (10 à 15 t) ; et adaptation aux fortes fumures des premiers systèmes sans jachère des Temps modernes (20 à 40 t).

Questions actuelles d'appropriation accélérée

S'agissant de la révolution agricole contemporaine et de la révolution verte, il en va tout autrement. Les variétés appropriées aux nouveaux moyens de production-transformation-distribution issus de la deuxième révolution industrielle ne sont plus obtenues par adaptation ou par sélection massale. Elles proviennent généralement de la multiplication rapide et de la très large diffusion de nouvelles variétés obtenues à petite échelle par sélection généalogique, dans un petit nombre de centres publics ou privés ; variétés parmi lesquelles les industries semencières choisissent celles qui donnent les produits les plus proches des exigences des industries de transformation et de distribution. Un processus d'appropriation accéléré qui, pour être efficace, pose néanmoins quelques questions pour l'avenir.

Première question, résultant de la faible implication des producteurs et des consommateurs dans ces choix essentiels : comment conduire et contrôler la sélection pour éviter que des dérives environnementales ou qualitatives, incertaines mais inquiétantes, ne conduisent à la désaffection des uns et des autres, voire à des refus de produire ou de consommer ?

Deuxième question, résultant de la relative non-adaptation de ces variétés aux conditions agro-écologiques et culturelles des très nombreuses localités dans lesquelles elles sont diffusées : comment conduire la sélection pour éviter l'excès d'intrants et les surcoûts de production qui en résultent ?

Troisième question : Etant donné que les trois quarts des personnes affamées de la planète sont des paysans mal équipés, mal situés, mal lotis, appauvris par la très forte baisse des prix agricoles réels des dernières décennies, qui ont moins que jamais les moyens d'acheter des semences, des engrais des pesticides… comment sélectionner des variétés appropriées aux très faibles moyens et aux besoins néanmoins pressants de ces paysans ?

Pour en savoir plus

Girardon J., Mazoyer M., Monod J., Pelt J.M., 1999. *La plus belle histoire des plantes*, Seuil.

Harlan J.R., 1987. *Les plantes cultivées et l'homme*, PUF.

Mazoyer M., Roudart L., 1997 (2e édition en 2002). *Histoire des agricultures du monde*, Seuil.

Mazoyer M., 2002. "Protéger la paysannerie pauvre dans un contexte de mondialisation", Sommet mondial de l'alimentation, FAO.

Roudart L., 2002. "Appropriation des ressources génétiques végétales, et implications pour les relations Nord-Sud et pour la sécurité alimentaire", *Mondes en développement*, tome 30, n°117.

Discussion

Z. Mouloungui : Je suis très heureux d'entendre ce discours. Effectivement, on constate que les paysans, qu'il soient du nord ou du sud, ont aujourd'hui leur "grenier vide". Je reprends cette expression que l'on utilisait dans le pays d'où je viens. Les parents divisaient leur production en trois parts : la première était pour le grenier, pour manger le reste de l'année; la deuxième était réservée à la "mutualité", c'est-à-dire aux semences qu'il fallait donner ou échanger avec les voisins ; la troisième enfin était pour le marché. Et comme cette troisième part a beaucoup grossi, à cause de la baisse des prix, le "grenier pour manger" s'est vidé.

D'un autre coté, la "mutualité" permettait de rassembler et de partager les semences de plusieurs espèces, et de plusieurs variétés et donc d'entretenir la biodiversité. Cette biodiversité existe donc encore dans mon pays. Ici, on parle d'agriculture raisonnée. Mais quelle différence y a-t-il entre ce qui se faisait dans ce temps-là dans mon pays et ce qu'on cherche à faire ici aujourd'hui ?

M. Mazoyer : Votre intervention n'appelle pas de réponse particulière de ma part. Mais je sais que dans certains pays, comme l'Inde et les Philippines par exemple, des groupes de paysans et d'agrono-

mes travaillent depuis plusieurs dizaines d'années avec les variétés et espèces de pays et arrivent à améliorer et à multiplier eux-mêmes leurs semences. Ces paysans qui n'utilisent pratiquement ni semences commerciales, ni engrais, ni pesticides, atteignent des rendements bruts certes inférieurs à ceux de leurs voisins qui utilisent les variétés de la révolution verte, avec engrais et pesticides à la clé. Mais, comme ils n'achètent pratiquement pas d'intrants, ils obtiennent une marge brute à l'hectare (produit brut moins coût des intrants courants) très supérieure. Surtout depuis que les prix des produits agricoles ont baissé : en agriculture conventionnelle, grosse utilisatrice d'intrants, la baisse des prix agricoles peut annuler cette marge brute et même la rendre négative.

Question : A mon avis, mettre en avant aujourd'hui la notion de sélection participative est une fuite par rapport au vrai bilan qu'il faut tirer de la recherche publique en amélioration des plantes dans les pays en développement. Prenons l'exemple du Sénégal. La recherche y est réalisée par un institut public, appuyé par des instituts publics étrangers. Et la réalité de l'arachide au Sénégal, c'est qu'on cultive encore une variété de 1955, qu'il sort une variété nouvelle tous les dix ans, pour un million d'hectares. Ce n'est pas un problème d'achat de semences : aujourd'hui, les paysans sénégalais qui font de l'arachide achètent environ 30% des semences qu'ils utilisent. A mon avis, le vrai problème, en Afrique notamment, est un problème de relation de la recherche publique avec l'amont et avec les besoins réels en matière agricole et en matière de marché, et l'absence de secteur semencier.

M. Mazoyer : Nous ne parlons pas des mêmes paysans. Vous parlez de paysans qui achètent des semences commerciales, bien ou mal sélectionnées, grâce auxquelles ils peuvent plus ou moins progresser. Moi, je parle de ceux qui n'achètent pas de semences, qui n'en ont jamais acheté, qui ont moins que jamais les moyens d'en acheter et qui, faute de moyens, sont simplement appauvris par la baisse des prix agricoles résultant des gains de productivité et de compétitivité des autres. Mais ces paysans, qui finissent ainsi par avoir faim, peuvent aussi progresser si on les aide à améliorer leurs propres semences, leurs outils, etc. Pour en revenir donc à ce sujet, je propose qu'on étudie sérieusement les conditions de travail et de vie de ces centaines de millions de paysans affamés, pour lesquels les recherches publique et privée ont si peu fait jusqu'à présent, et qu'on développe avec eux les moyens *appropriés et peu coûteux* qui leur permettront de survivre et de progresser. La vraie question si on veut réellement assurer l'avenir alimentaire de l'humanité est donc de s'y mettre au plus tôt et d'accorder à ce genre de recherche-développement une large priorité.

L'introduction de la génétique en France

Pierre-Henri Gouyon

CNRS, Université Paris-Sud Orsay
pierre-henri-gouyon@ese.u-psud.fr

P.H. Gouyon est professeur à l'Université Paris-Sud, à l'Ecole Polytechnique et à l'INA P-G. Il dirige le laboratoire "Ecologie, Systématique et Evolution" (UMR UPS-CNRS-ENGREF) et fait partie du Comité de biovigilance et du Comité d'éthique de l'INSERM.

Il y a deux ou trois points que j'aimerais vous faire comprendre sur l'introduction de la génétique en France et le chemin qui a conduit notre pays là où il en est sur le plan des connaissances et des techniques dans ces domaines.

On va commencer par la Genèse. L'un des rares textes où l'on parle clairement de génétique et d'amélioration des animaux dans la Bible concerne Jacob, qui gardait ses moutons et ceux de son beau-père Laban. Pour s'y reconnaître, ils avaient fini par s'entendre sur le fait que Laban aurait les moutons noirs et Jacob les moutons noirs et blancs. Comment Jacob fait-il pour améliorer sa situation ? Il prend des branches vertes de peuplier, d'amandier, de platane, il les pèle, et les place près des abreuvoirs, là où les brebis se font saillir. Le résultat est que les brebis auxquelles il a montré ces morceaux de bois noirs et blancs pendant la saillie vont fabriquer des petits noirs et blancs. C'est une idée courante jusqu'au XIXe, et qui n'a pas encore disparu dans nos campagnes. Une étudiante de mon labo, qui était enceinte, s'est vue interdire d'aller voir les lapins pour éviter que son enfant ait un bec de lièvre. On vit dans un pays, et ce n'est pas le seul, où ce genre de croyance est loin d'avoir disparu. Il est intéressant de remarquer qu'en fait Jacob ne place des branches sur les auges que lorsque des brebis vigoureuses entrent en chaleur ; il ne le fait pas pour les brebis chétives, dont il laisse donc les descendants à Laban. On trouve donc, dans le même texte, l'idée qu'en montrant des objets noirs et blancs à des brebis quand elles se font saillir, les enfants seront noirs et blancs, mais aussi que si on veut de beaux descendants, il faut prendre des mères vigoureuses.

La coexistence d'une hérédité indépendante du milieu et d'une hérédité influençable par le milieu est une caractéristique que l'on doit appréhender si on veut comprendre l'histoire de ces idées. On a tendance aujourd'hui, quand on raconte l'histoire de la génétique, à présenter les choses comme incompatibles. Soit c'est l'environnement qui induit l'hérédité – c'est alors Lamarck, etc. –, soit c'est la génétique – Weismann – sans influence du milieu. Ce n'est pas ainsi que la question se posait dans la Bible, et qu'elle se posait encore au début du XXe siècle en France.

1. Le contexte international

C'est dans les années 1880 que Galton[1] fabrique des méthodes statistiques, notamment la régression, qui permettent de prédire la valeur des descendants en fonction des parents. Ces travaux vont avoir deux grands types de développement :
D'une part, la statistique que vous connaissez tous, développée par Pearson et Weldon[2], et la biométrie, mais qui va partir au début sur des idées complètement fausses. Je rappelle que pour Pearson, la valeur d'un individu (son phénotype, dirait-on aujourd'hui), c'est une certaine fraction de la valeur de ses parents, plus une fraction de la valeur de ses grands-parents, plus etc. On fait ainsi la somme de l'hérédité ancestrale, pour fabriquer l'individu actuel. L'hérédité résulte donc d'un phénomène continu d'accumulation.

[1] Francis Galton (1822-1911), anthropologue et explorateur, cousin de Darwin.
[2] Karl Pearson (1857-1936) ; W.F.R. Weldon (1860-1906).

D'autre part, l'autre élève de Galton, Bateson[3], cherchait du discontinu dans l'hérédité. Le point important est que Bateson et Pearson ne peuvent pas se supporter. Bateson ne comprend rien aux maths, Pearson le prend donc pour un imbécile. Pearson fait des maths, Bateson en déduit que ce n'est pas de la biologie. L'une des catastrophes est que Bateson va, un jour de mai 1900, lire l'article de De Vries[4] correspondant à la "redécouverte" des lois de Mendel. Bateson, qui cherchait du discontinu, pense l'avoir trouvé. Il va alors être un des grands ouvriers de la relance de la génétique dans les milieux intellectuels anglais, qui étaient franchement en avance sur ces questions à l'époque. Bateson aimant la génétique, bien sûr Pearson ne l'aime pas. Les statistiques (et le darwinisme) et la génétique vont donc rester des approches quasiment incompatibles de 1900 à 1930. Il existe bien sûr quelques exceptions : un dénommé Yule[5] essaie de faire les deux à la fois. Mais globalement, biométriciens et généticiens vont se battre en Angleterre jusqu'à la synthèse réalisée en 1930, en Angleterre et aux Etats-Unis, par trois personnes : S. Wright, J.B.S. Haldane et R. Fisher, qui vont réconcilier les approches génétiques et statistiques. Je voudrais faire remarquer que Fisher était un homme particulier, puisqu'il était dans le milieu de l'amélioration des plantes. En résumé, donc : on découvre les lois de Mendel en 1900 et en 1930 on fait la fusion statistiques / génétique avec la théorie néo-darwinienne dans sa forme actuelle.

2. La situation en France

Les questions d'hérédité, dans le milieu académique, sont essentiellement dominées par les médecins. Quelques citations datant des années 20 : "*L'hérédité gouverne le monde : les vivants agissent mais en eux les morts parlent et les font ce qu'ils sont*" (Apert, 1919) ; "*Nous sommes ce que nos ancêtres ont été*" (Richet, 1922). Mais ces médecins qui croient que l'hérédité est forte vont se heurter à l'opposition de pas mal de gens dans la société. Ainsi Vignes écrit-il, en 1934 : "*L'hérédité n'a pas bonne presse parmi les médecins et les biologistes français [...]. Nos grands cliniciens autrefois ne craignaient pas d'invoquer l'hérédité, d'en tenir compte et de l'étudier, mais leurs successeurs font profession de n'y point croire*". Vous voyez que des gens défendent l'idée que l'hérédité est forte. Mais se fait jour très rapidement, dans la première moitié du siècle en France, une forte résistance à cette vision héréditaire dans le milieu médical.

J'ai essayé de recenser les raisons de ce rejet. Certaines sont évidentes, même si elles ont été un peu disqualifiées. En particulier il y a l'aspect chauvin : les Français aiment bien Lamarck parce qu'il était français. Jacques Roger, qui était un grand historien de ces questions, a montré que ce n'était sans doute pas un phénomène complètement essentiel, mais il a dû être un phénomène qui sous-tendait l'ensemble des démarches en question.

Quels sont les éléments qui s'opposent à l'idée que les caractères sont héréditaires ? D'abord, l'héritage français et en particulier Pasteur. Pasteur montre que beaucoup de maladies sont infectieuses. Là où auparavant on mettait souvent de l'hérédité, on va dire : "Non, ce n'est pas l'hérédité, ce sont les microbes". Il est clair aujourd'hui pour tout le monde, que les deux facteurs interviennent : les microbes infectent plus facilement des individus qui sont génétiquement plus sensibles. Il y a donc une composante héréditaire et une composante environnementale dans la tuberculose par exemple ; pourtant, faites un sondage en demandant si la tuberculose est héréditaire ou due à l'environnement, bien peu vous répondront que la question n'a pas de sens. A l'époque en tous cas, on ne peut avoir cette vision, et puisque les microbes expliquent ces maladies, alors les tenants de l'héréditaire s'étaient trompés. Au contraire, l'homme des microbes est Pasteur dont les idées sont nécessairement bonnes puisqu'il est français. Voilà un premier point qui va disqualifier un peu l'hérédité.

Deuxième point : les aspects sociaux. Concernant la criminalité, Lacassagne va dire, en 1908 : "Nous ne croyons pas à ce fatalisme et à cette tare originelle. On est prédisposé à la folie, on devient fou, mais c'est la société qui fait et prépare les criminels". L'idée d'une hérédité forte dans le crime fait partie des points qui seront fermement combattus pour des raisons sociales – cette attitude aura au moins un avantage : la France échappera à l'eugénisme.

---

[3] William Bateson (1861-1926).
[4] Vries, Hugo de. "Das Spaltungsgesetz der Bastarde", *Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft* **18** (1900), pp. 83-90.
[5] George Udny Yule (1871-1951), statisticien anglais, physicien puis collaborateur de Pearson.

Ensuite, les Français n'aiment pas beaucoup les Allemands à ces époques-là. Et Weismann en particulier est allemand. Yves Delage, qui était un des grands biologistes français du début du siècle, dira à propos de Weismann : "*Le défaut commun en Allemagne consiste à chercher l'explication de tous les phénomènes biologiques dans la prédétermination, dès l'œuf, de tout ce que sera et fera l'organisme futur*". Cette idée de prédétermination est un point assez fort que l'on va retrouver dans les arguments contre la génétique, car beaucoup de biologistes français vont insister sur le fait que l'environnement peut changer beaucoup de choses.

Enfin, on n'aime guère plus les Anglais (Pearson) et les Américains (Davenport) que les Allemands, et surtout mettre de la statistique dans la biologie, c'est attaquer un autre grand Français, Claude Bernard : "Grâce à une méthode nouvelle de calcul, dite des corrélations, basée sur des spéculations de haute mathématique [...], Pearson ne prétend à rien moins qu'à rendre infaillible la statistique. [...] C'est absolument l'inverse de la "méthode expérimentale" célébrée par Claude Bernard".[6] Dire que ces méthodes sont contraires à celle de Claude Bernard est une condamnation sans appel au début du XXe siècle en France.

Voilà un ensemble d'éléments qui va faire qu'effectivement en France à cette époque-là la génétique ne prend pas dans les milieux universitaires, dans les milieux académiques, marqués par une très forte importance des médecins.

3. Le rôle ambivalent des agronomes

L'un des problèmes des agronomes est qu'ils sont à l'Agro, et pas à l'université justement. Evidemment, les agronomes vont développer de la génétique. Les Vilmorin notamment. La sélection généalogique a été formulée pour la première fois par Vilmorin en 1856. Un de ses descendants, en 1902, va directement se mettre à tester les théories de Mendel ; la France n'est donc pas du tout en retard sur ce plan-là. En 1910, il y a création du laboratoire de génétique à Verrières, et la dynastie Vilmorin est donc parfaitement en phase avec les Anglais. Simplement, l'interaction entre ce milieu et le milieu universitaire est extrêmement faible.

Il en est de même du côté de l'enseignement : dès 1907 Schribaux à l'Agro donne des cours sur l'amélioration des espèces végétales de grande culture, et parle des lois de Mendel, des travaux de Johannsen sur le phénotype et le génotype, des travaux de Nielsen-Ehle sur le blé, etc. Tous les grands travaux de génétique sont donc enseignés à l'Agro. Schribaux va aussi démarrer un cours de génétique à Tunis dès les années 20. Puis Vassili Ducomet va être professeur à Grignon, puis arriver à l'Agro en 1930. Tombé rapidement malade, il sera remplacé par Félicien Boeuf en 1936, qui est, à notre connaissance, le premier professeur de génétique recruté en France. Cuénot était membre de son jury. Cette nomination a lieu dix ans avant le premier recrutement d'un professeur de génétique dans une université française, qui n'interviendra qu'en 1946. C'est d'ailleurs à la suite de la guerre et grâce à un vote des physiciens (sous l'impulsion de Joliot-Curie) contre les biologistes, qu'un poste de prof de génétique sera ouvert à la Sorbonne.

En France donc, côté génétique végétale et sélection, les agronomes sont tout à fait au niveau. Les universitaires ne le sont pas. Quand je dis que les universitaires ne le sont pas, je veux dire que la biologie dans son ensemble n'a pas compris l'importance de la génétique. Cela est vrai dans les universités, mais aussi à l'Agro où les étudiants, dans les années 30, vont apprendre Mendel, Johannsen, Nielsen, etc., en cours d'agronomie ou de génétique, et apprendre une hérédité lamarckienne en cours de zoologie ou de botanique. On est presque – en exagérant un peu – dans la situation de la Bible, avec l'apprentissage simultanément des deux modes d'hérédité sans y voir une incompatibilité forte. Ce point a été bien démontré par Jean Gayon qui a mis en évidence le fait que l'incompatibilité entre ces deux types d'hérédité ne va apparaître que très tard en France, seulement dans les années 50-60.

Que signifie cette espèce de schizophrénie française entre une vision génétique et une vision lamarckienne ? Et Quelle a été l'influence sur la génétique française des écoles agronomiques et de l'Institut National Agronomique ? Mon patron, Georges Valdeyron, avec qui j'ai beaucoup discuté de

[6] W. Provine, *The origin of theoritical population genetics.*

ces questions, était très fier de voir que l'Agro avait développé de la génétique, alors que les universités n'en avaient pas été capables. L'une des conséquences positives (pour nous, agronomes) de cette situation, est que les universités ont recruté assez massivement des agronomes pour faire les cours de génétique quand elles ont enfin décidé de s'y mettre : de nombreux agros étaient enseignants en génétique, à Orsay (Mounolou, Belcourt et d'autres), à Toulouse (Sicard, Louarn), etc. Cela a sans doute contribué à diminuer le fossé qui existait entre le milieu des agronomes et celui des universitaires : les questions de biologie issues de l'agronomie ont commencé à intéresser les universitaires. Malgré cela, le maintien prolongé d'une séparation entre la pratique agronomique d'un côté, et l'académisme biologique de l'autre, a justement été une catastrophe. Si l'on n'avait pas eu en France ce système des grandes écoles qui sépare les praticiens des académiques, les universités auraient été obligées d'intégrer la génétique beaucoup plus tôt. Si elles l'avaient fait, la génétique française n'aurait pas pris un tel retard. Je vous laisse choisir l'interprétation que vous voudrez.

Et si les agronomes ont été des précurseurs, ils ont aussi eu une lourde responsabilité dans le fait qu'aujourd'hui encore la génétique est très fortement ancrée dans l'agronomie.

Je voudrais, pour finir, vous présenter un petit extrait de film. Dans les années 60, à la télévision, on pouvait voir souvent soit Jean Rostand, soit Pierre-Paul Grasset qui racontaient à peu près les mêmes choses sur ces questions. Dans les années 1970, on pouvait encore entendre des choses très comparables de la part de P.P. Grasset. Il est clair que les années 50 marquent le début de la génétique en France au niveau des universitaires, mais qu'on a entendu à la télévision ou lu dans des ouvrages de vulgarisation, jusqu'aux années 70 incluses[7], des discours qui paraissent aujourd'hui dater du XIXe siècle. Notre pays a mis un temps extraordinairement long à réussir à aborder la génétique un peu sérieusement.

Extrait d'un dialogue entre Jean Rostand et un botaniste
au cours d'une émission télévisée des années 60

J. Rostand : *"J'avoue que la sélection naturelle est peut-être toute puissante, mais elle est impuissante à me convaincre. Je ne peux pas arriver à penser que par une série de petites mutations fortuites, les êtres les plus compliqués, les êtres supérieurs se sont formés. Remarquez que le problème est peut-être moins affolant pour un botaniste que pour un biologiste.*

Le botaniste : *Il l'est encore davantage.*

- Vous trouvez ? J'ai l'impression quand même qu'il est moins terrible de se demander comment s'est formé un chêne ou un sapin, que de se demander comment s'est formé un homme.

- Oui, peut-être. Le malheur, c'est que nous n'étions pas là, n'est-ce pas.

- Justement, ça m'intéresse beaucoup de prendre contact avec un botaniste. Est-ce que pour lui le problème est aussi angoissant ?

- Le problème est aussi angoissant.

- Il est aussi angoissant, mais peut-être est-il plus spéculatif, plus théorique quand même. Vous avez les formes supérieures des végétaux, mais vous n'avez pas ce terrible aboutissement du cerveau humain et de la pensée, qui rend le problème plus dramatique, bien que chez vous le problème est moins dramatique quand même.

- Peut-être, parce que des végétaux aussi primitifs que les champignons, par exemple, posent moins de problèmes que les animaux qui sont doués d'un organisme extraordinairement différencié.

- Mais passons du champignon au chêne. Ça doit être quand même pour vous moins effrayant que le passage d'un ver de terre à l'homme.

- Je ne sais pas.

- Non, vous ne le savez pas.

- C'est aussi incompréhensible.

- J'aime bien ce mot car c'est vraiment pour l'instant ma conclusion. Je ne dis pas que nous ne comprendrons pas, mais je crois qu'il faut admettre que nous ne comprenons pas. Quand je vois encore des gens sérieux croire

[7] Dans une encyclopédie de biologie publié en 1970 (*La Biologie*, Centre d'étude et de promotion de la lecture, Paris), Guy Sitbon conclut l'article "génétique" par les phrases suivantes : "Certains auteurs ont résolu la question en disant que le cytoplasme de l'œuf est responsable de l'hérédité générale et les chromosomes de l'hérédité spéciale. Pour ces auteurs, si les gènes déterminent la couleur des yeux, du plumage..., c'est le cytoplasme qui ferait qu'un œuf de mouche donne une mouche et qu'un œuf de poule donne une poule.".

que des ailes vont pousser aux animaux parce qu'ils ont envie de voler, ou alors même la théorie de Darwin, de penser que les amibes sont devenues l'académie française, eh bien c'est tout de même difficile de penser que ça s'est formé à coup de variations tout à fait accidentelles. J'avoue que c'est enfantin, et on aura du mal à en débarrasser la science. Voilà quel est mon avis secret. En effet, ces théories satisfont assez le gros public.

- C'est une tentation intellectuelle.

- Elles sont séduisantes, et il est d'ailleurs curieux qu'on n'a jamais même proposé que cela : ou l'idée de l'effort producteur d'organes ou l'idée de la sélection naturelle. Chaque fois on a eu, pour ainsi dire, l'impression d'une révélation ; impression, à mon avis, parfaitement fallacieuse. Il faudrait arriver, je crois, à abattre, à se débarrasser de ces grandes théories et repartir complètement à neuf."

Il est clair que pour permettre le développement de la biologie moderne, il a fallu, pour reprendre l'expression de Rostand, "se débarrasser" de ces fadaises. La génétique, particulièrement en France, a dû "abattre" cet establishment conservateur qui se permettait d'opposer son "angoisse" à des arguments scientifiques. On s'est débarrassé des naturalistes rétrogrades. Mais en même temps, on a jeté le bébé avec l'eau du bain. La biologie est partie dans une course folle vers un réductionnisme échevelé. Qu'il s'agisse de la médecine ou de l'agronomie, notre communauté se contente d'une vision totalement réductrice du monde. On ne gère pas les écosystèmes bactériens qui nous environnent, on combat une par une les bactéries qui nous dérangent. On prétend améliorer l'agronomie mondiale en changeant un par un les gènes des plantes... Il est plus que temps, sans abandonner les acquis immenses et précieux que nous a apportés la génétique et sa descendance réductionniste qu'est la biologie moléculaire, que notre communauté se rende compte de l'importance des approches intégratives (et pas pour autant nécessairement rétrogrades) des systèmes vivants que nous constituons et auxquels nous appartenons.

Discussion

Question : Vous n'avez pas mentionné un point qui mérite d'être rappelé : si le regard sur les infections microbiennes a peut-être contribué à la réticence vis-à-vis de la génétique en France, c'est justement sur les microbes qu'on a incorporé la génétique le plus tôt, et l'Institut Pasteur est un lieu où, dès l'avant guerre, on a commencé à faire de la génétique.

P.H. Gouyon : Effectivement, il y a tout de même eu dans le milieu universitaire un certain nombre de gens qui se sont impliqués dans ces questions. Il y a eu d'une part le groupe Ephrussi-Teissier-L'Héritier, et d'autre part le groupe Monod à Pasteur. Il est intéressant de remarquer que tous ces chercheurs ne travaillaient pas vraiment en génétique au sens strict. Ephrussi faisait de l'embryologie : il réalisait des greffes et faisait de la génétique par derrière, mais au fond son activité de base n'était pas des croisements, c'était des greffes. L'Héritier, Teissier ou Monod faisaient de la démographie. Le grand apport à la génétique des populations de L'Héritier et Teissier a été la fabrication des cages à populations de drosophiles, qu'ils appelaient des démomètres, et qui étaient au départ conçues pour observer l'évolution démographique de populations de drosophiles. Il s'est trouvé que la démographie incluait pour eux des proportions de différents génotypes et que ces travaux ont vraiment donné lieu à de la génétique. Il en est de même pour Monod : son premier travail a été de fabriquer un réacteur dans lequel il faisait de la démographie bactérienne. Il modifiait ce qu'il mettait dans son réacteur bactérien, et observait les effets sur le nombre de bactéries à la sortie ; c'est ainsi qu'il en est venu à s'intéresser à l'adaptation bactérienne au milieu, puis à de la génétique bactérienne. Il est assez intéressant de voir qu'effectivement se posaient les bases de la génétique aussi bien à l'Institut Pasteur que dans certaines autres structures, en particulier l'Ecole Normale, mais plus à partir de la démographie que d'une réelle intégration directe de la génétique, je dirais.

A. Cauderon : Une remarque sur les difficultés psychologiques et sociologiques de la culture française à entrer dans la génétique. Ce qui a manqué le plus, c'est l'acceptation de la démarche humble, qui consiste à travailler sur des petits détails, en pensant que ce sera peut-être plus facile à aborder que

de grandes questions. Au XVIIIe siècle un biologiste, que je ne citerai pas, a essayé d'hybrider une poule et un lapin. Au XIXe siècle, beaucoup de botanistes se sont intéressés aux hybrides interspécifiques. Naudin, par exemple, a beaucoup travaillé sur les hybrides interspécifiques sans avoir les bases que nous avons aujourd'hui, pour comprendre que l'hérédité dans ce genre de croisement était profondément perturbée, si je puis dire, par la mécanique chromosomique. Il a fallu que des gens s'intéressent à des petits détails pour avancer. Mendel bien sûr a osé sur des pois regarder des couleurs de grains, etc. Il a eu un prédécesseur, une quarantaine d'années plus tôt, Augustin Sageret, qui a travaillé sur le melon. Le melon n'est pas un matériel génétique aussi aisé que le pois pour différentes raisons, d'allogamie notamment. Mais Sageret a été le premier à décrire caractère par caractère (couleur de la chair, couleur de l'écorce, etc.), un hybride entre deux parents différents. Ensuite, il a été le premier à en tirer quelques conclusions sur l'indépendance des caractères, l'existence de ces disjonctions simples et la recombinaison dans la descendance des caractères des parents. Ces travaux sont à peu près ignorés aujourd'hui, mais cette publication de 1825 est vraiment extraordinaire. Quant à la publication de Mendel de 1865, là c'est absolument génial, extraordinaire de clarté de conception. Lorsque l'on compare ce texte aux notes de la "redécouverte" des lois de Mendel vers 1900, et notamment les notes de De Vries, on est frappé de la différence de niveau. L'ampleur de vision et la capacité de conceptualisation de Mendel sont admirables. Ce qui est vraiment étonnant, c'est que du fait même de la simplicité de l'approche, ce message était difficilement audible en France.

P.H. Gouyon : Parmi les arguments opposés régulièrement à la génétique, il y avait un argument d'ordre embryologique qui va dans le sens de ce qui vient d'être dit. L'idée en était : "comment peut-on accepter de s'intéresser à ce qui fait la couleur d'un oeil, alors qu'on ne sait même pas comment est fait un oeil ?". Cet argument était utilisé couramment dans les années 60-70, par des gens comme Pierre-Paul Grasset. Le grand projet était de comprendre l'embryologie, et ceux qui ne regardaient que la variation de couleur s'occupaient de questions totalement inintéressantes. Les embryologistes français avaient d'ailleurs fabriqué un concept qui distinguait une hérédité spéciale et une hérédité générale (*cf.* note 7 du texte). L'hérédité générale était ce qui fait qu'une poule est une poule ; son support était nécessairement dans le cytoplasme des cellules, puisque le cytoplasme peut être différent d'une cellule à l'autre. En revanche, tous les gènes sont les mêmes dans toutes les cellules ; ils ne peuvent donc pas être responsables de la différenciation entre les cellules. C'est donc le cytoplasme qui fait qu'une poule est une poule, c'est ça l'hérédité générale. Ce qui fait la couleur de la crête, ça, ça peut être les gènes. Ça, c'est l'hérédité spéciale. C'est inintéressant et bon pour les types comme Mendel, les agronomes, etc. Les universitaires eux réservent leurs efforts à l'hérédité générale. Un point intéressant est que les embryologistes de l'époque ont vraiment insisté sur l'importance du cytoplasme. Nous allons en voir les conséquences.

Je suis arrivé un peu après la bataille sur ces questions – je suis entré comme enseignant à l'Agro en 1976. Je n'ai pas vraiment eu à me battre contre les anti-généticiens, excepté dans le domaine de l'écologie. En 76, on enseignant tranquillement la génétique avec Valdeyron, lorsqu'un jour la chaire de zoologie, dont le patron s'appelait Pesson, propose la création d'une chaire d'écologie et propose de la fonder à partir de la zoologie actuelle. Avec Valdeyron, nous nous demandions comment réagir à cette proposition, lorsque nous avons entendu sur France Culture une émission avec Pesson et Grasset : ils tenaient à peu près le même discours que celui tenu dans l'extrait de film. C'était à la fin des années 70, par un prof de l'Agro !

La chose curieuse est qu'un jour j'ai vu arriver un historien américain, Richard Burian, qui me dit : "Je viens vous interviewer parce que vous avez travaillé sur la stérilité mâle et que vous êtes le défenseur de l'idée que c'est à cause de l'hérédité cytoplasmique que la stérilité mâle se répand dans la nature. Or je constate qu'à chaque fois qu'il y a un truc cytoplasmique, on retrouve les Français. Je me pose donc la question : jusqu'à quel point avez-vous été influencés par vos ennemis ?" Il est parfaitement vrai que la génétique cytoplasmique est une spécialité française. Que ça soit la levure avec la mutation "petite" (Slonimski, Mounolou), le virus sigma de L'Héritier ou les mitochondries de Quétier, Vedel et compagnie, il y a une vraie spécificité française de l'hérédité cytoplasmique. On peut donc penser qu'effectivement nous les généticiens français avons été lourdement influencés par nos ennemis dans ces domaines.

Evolution des concepts, méthodes et outils de l'amélioration des plantes

André Gallais

INRA-UPS-INAPG - Ferme du Moulon - 91190 Gif-sur-Yvette
gallais@moulon.inra.fr

A. Gallais est professeur à l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, responsable de la chaire de génétique évolutive et amélioration des plantes. Ses recherches, dans le cadre de l'UMR Génétique végétale du Moulon, au sein de l'équipe Génétique quantitative et méthodologie de la sélection, portent sur les bases génétiques des variations des caractères d'intérêt agronomique, ainsi que sur les méthodes de sélection et de création variétale.

L'amélioration des plantes peut être définie comme la modification volontaire des plantes par l'homme pour mieux les adapter à ses besoins. En ce sens, elle se distingue fortement de la domestication, qui peut se définir comme une adaptation des plantes à leur culture par l'homme, mais par une sélection inconsciente. D'un point de vue génétique, elle correspond à l'ensemble des opérations qui permettent de passer d'un groupe d'individus n'ayant pas certaines caractéristiques au niveau recherché à un nouveau groupe, plus reproductible, apportant un progrès. Il s'agit de réunir dans un même individu le maximum de gènes favorables. Fondamentalement, *l'amélioration des plantes est, et a toujours été, du génie génétique*. Nous verrons qu'il y a bien un passage continu entre les techniques utilisées "traditionnellement", ne faisant appel qu'à la reproduction sexuée, et celles dérivées de la biologie moléculaire. En fait, avec le progrès des connaissances, l'évolution des outils a été telle qu'ils permettent d'agir à des niveaux de plus en plus fins, de la population au gène, en passant par l'individu, la cellule, et les génomes nucléaire et cytoplasmiques dans leur ensemble. Chaque innovation s'est ajoutée aux autres et se prolonge jusqu'à aujourd'hui ; les nouveaux outils se sont intégrés dans les schémas anciens, il n'y a pas eu de "révolution" dans la façon de sélectionner. L'évolution des concepts et des méthodes a suivi l'évolution des connaissances.

On peut classer l'évolution des concepts, méthodes et outils en deux grandes catégories : ceux qui se situent au niveau des populations et qui sont à la base d'une sélection "statistique", phénotypique, et ceux qui se situent au niveau des génomes et des gènes et qui sont à la base d'une sélection plus dirigée, génotypique. D'une certaine façon, cela correspond aussi à deux grandes étapes de la sélection, mais qui se recouvrent largement, encore aujourd'hui.

1. Les concepts et outils de la sélection phénotypique

La manipulation des populations : des populations aux lignées et aux hybrides simples

Avant Louis de Vilmorin**, la sélection était essentiellement entre populations**, l'unité de sélection était la population ; ce sont les meilleures populations qui étaient commercialisées ou échangées entre agriculteurs ; il y a avait bien une sélection à l'intérieur des populations (cas du maïs, avec les foires aux plus beaux épis aux USA), mais elle ne pouvait pas être très efficace. Louis de Vilmorin (1859) a introduit la sélection au niveau individuel (intrapopulation), avec la notion de **test de descendance** qui **chez les céréales autogames** a conduit très vite à une **purification des populations** par la création de variétés **lignées pures** (démonstration claire faite plus tard par Johanssen, 1903, chez le haricot). Il fallait donc croiser entre elles les meilleures lignées pour régénérer de la variabilité génétique et réunir dans un même génotype des caractères présents dans des génotypes différents, d'où **la sélection généalogique à partir de croisements** (introduite en fait par Henry de Vilmorin, fils de Louis). Des lignées complémentaires sont croisées entre elles, et par sélection au cours des générations d'autofécondation, on espère isoler de nouvelles lignées transgressives, c'est-à-dire ayant réuni plus de gènes favorables que le meilleur des deux parents. Le grand nombre de gènes favorables à réunir fait que cela ne peut se faire que progressivement, d'où la continuité observée du progrès génétique pour les caractères complexes (polygéniques).

Chez les plantes allogames, il y a eu deux évolutions : le passage des populations aux variétés hybrides (maïs) et le passage des populations aux variétés synthétiques (plantes fourragères). Il a fallu attendre d'abord 1900 et la redécouverte des lois de Mendel, puis 1908 et la publication des articles de Shull, pour voir apparaître le concept de **variétés hybrides simples**, résultat du croisement contrôlé de deux lignées pures, et correspondant à la reproduction à grande échelle du meilleur individu d'une population ou d'un hybride de populations. Ce concept est au départ indépendant du phénomène déjà bien connu d'hétérosis et de dépression de consanguinité. Il a toutefois fallu environ 50 ans pour arriver à la maîtrise de ce type de variétés, qui occupent maintenant 90% du marché de maïs grain aux USA et en Europe. La cause essentielle de ce délai était la trop faible vigueur des lignées comme parents femelles, qui s'est fortement améliorée en 50 ans. *Cela montre qu'entre le concept et son application à grande échelle, il peut s'écouler beaucoup de temps.*

Il a fallu en particulier attendre 1930-1940 avec le développement de la génétique quantitative pour que l'on comprenne comment sélectionner les parents d'un hybride, avec l'introduction du concept d'**aptitude à la combinaison**, ou de **valeur hybride** (Travaux de Lush, Sprague). Les parents d'un hybride sont alors sélectionnés exactement comme une lignée, sauf qu'ils le sont sur leur valeur hybride et non uniquement sur leur valeur propre. Il est même plus simple de sélectionner pour la valeur en combinaison que pour la valeur propre d'une lignée, puisque *la valeur en combinaison d'une plante, quel que soit son niveau d'homozygotie, renseigne bien sur la valeur en combinaison des lignées dérivables de cette plante*. Cela a d'ailleurs comme conséquence une sélection plus "standardisée" chez le maïs que chez le blé. Aujourd'hui, des variétés hybrides sont aussi réalisées chez des plantes autogames (la tomate, par exemple) comme moyen de réunir rapidement dans un même génotype des gènes dominants favorables. Une autre découverte a été importante : la notion de **groupes hétérotiques**. Elle permet une bonne gestion de la variabilité génétique au cours de la sélection.

Dès 1940, le cadre des méthodes actuelles de sélection était fixé : essentiellement la sélection généalogique pour faire des lignées pures chez les autogames et des hybrides simples chez les allogames. L'évolution vers des **variétés monogénotypiques** a permis une augmentation très significative des rendements. Chez le maïs, le rétrécissement de la base génétique des hybrides, en passant des hybrides doubles aux hybrides trois voies, puis aux hybrides simples, s'est traduite par une augmentation d'efficacité de la sélection. Cette homogénéité variétale, qui a permis la standardisation et la mécanisation de la culture, est la rançon du progrès génétique (un mélange de génotypes est nécessairement inférieur au meilleur des ses constituants, et de plus la variance entre mélanges est plus faible qu'entre constituants purs, d'où la plus faible efficacité de la sélection entre peuplements hétérogènes qu'entre peuplements homogènes).

La réflexion sur la sélection des parents d'un hybride, avec le développement de la **Génétique Quantitative**, a conduit dès 1935-1945 à toute une gamme de méthodes de **sélection récurrente**, à mettre en place en fonction de l'héritabilité des caractères et de l'objectif poursuivi (efficacité à court terme, à moyen terme). Le but était d'améliorer les populations pour leur aptitude à donner de bons parents d'hybrides. Il a fallu attendre les années 1975 pour appliquer aussi le concept de sélection récurrente à l'amélioration des plantes (autogames) en vue de faire des lignées (notion de valeur en lignées). Là, il faut constater une forte différence entre l'amélioration des plantes et l'amélioration des animaux domestiques. La génétique quantitative et **la théorie de la sélection** se sont bien développées assez tôt en amélioration animale, alors qu'elles ne se sont un peu développées que beaucoup plus tard en amélioration des plantes (reste d'une pensée lyssenkiste ? effet négatif de la notion de lignée pure ? illusion d'approcher plus facilement la valeur génétique par les essais au champ, coûts d'expérimentation plus faibles chez les plantes que chez les animaux, cycle de sélection court...). Il en est résulté un retard de la France dans ce domaine, avec des problèmes au niveau de la formation des sélectionneurs.

La sélection récurrente répond d'une certaine façon au besoin contradictoire d'une variété homogène (perte de variabilité au niveau du peuplement cultivé) et de la conservation de la variabilité pour la sélection, pour progresser. Bien développée chez les plantes fourragères, elle ne s'est que peu développée pour le maïs (dans les universités américaines, avec des réussites certaines, par exemple les lignées B73 et B14). En fait, la sélection récurrente se fait au niveau de la population des sélectionneurs, par la recombinaison de matériel d'origines assez différentes.

La diversité génétique s'est donc réduite dans le champ de l'agriculteur. Pour répondre aux risques possibles de la culture monogénotypique (manque d'homéostase), se développent aujourd'hui des travaux sur **la culture en association** (mélange) **de quelques génotypes** (surtout chez le blé). Cela permet de retrouver plus de sécurité dans la production, tout en restant à un niveau élevé, ce qui n'aurait pas été possible par une sélection de populations formées d'un mélange non contrôlé de génotypes. Il reste à faire passer cette idée souvent associée à une désintensification de la culture.

Le bilan sur l'efficacité des méthodes de sélection phénotypique (statistique) est très positif, comme le montre le progrès génétique chez la plupart des espèces annuelles sélectionnées. Ce progrès génétique est souvent dû à une interaction, une *dialectique entre amélioration des plantes et amélioration des techniques culturales*. Cependant, le temps est long entre les croisements de départ et l'obtention de nouvelles variétés. Dans ce passage des populations aux variétés, le sélectionneur a mis (et met toujours) en œuvre différents outils permettant de gagner du temps et de mieux utiliser la variabilité génétique.

Les outils à la disposition du sélectionneur

. Le contrôle de l'hybridation

La production d'hybrides à grande échelle demande un moyen de contrôle de l'hybridation à grande échelle. Le caractère monoïque du maïs avec inflorescence mâle terminale facile à enlever permet la *castration manuelle*, ce qui a facilité le développement des variétés hybrides, mais n'est pas répandu. L'exemple du blé montre que la *castration chimique* n'est pas simple à mettre en œuvre. Il reste donc la *castration génétique*, par l'utilisation d'une stérilité mâle nucléo-cytoplasmique (avec système de maintien et de restauration (pour une espèce cultivée pour ses grains). Malheureusement, ce type de stérilité n'est pas toujours disponible dans la nature, d'où l'intérêt de croisements interspécifiques, de la fusion de protoplastes, voire de la transgenèse pour l'obtenir.

. Statistique et informatique et la mécanisation de l'expérimentation

Le développement des **dispositifs expérimentaux** parallèlement à l'élaboration des méthodes de sélection, dès le début du siècle, et surtout dans les années 1950, a permis d'augmenter la précision des essais (avec prise de conscience des **interactions génotype x milieu**, notion de **réseau d'essais**) et donc l'efficacité de la sélection. Les appareils de semis et de récolte ont fait de grands progrès et permettent de traiter de façon homogène des essais avec de nombreux génotypes.
Aujourd'hui, les **appareils de saisie de données** permettent d'enregistrer automatiquement (au cours de la récolte) des données importantes comme le poids de produit frais récolté et sa teneur en matière sèche. Combinés à un système de traitement de l'information, ils permettent une interprétation rapide des résultats d'essais (différence entre plantes autogames et plantes allogames de ce point de vue : les tests de descendances se prêtent mieux à une standardisation des méthodes, tests précoces possibles).

. La reproduction à l'identique : le rêve du sélectionneur

La reproduction à l'identique permet de reproduire immédiatement le meilleur génotype sélectionné (elle conduit donc elle aussi à une purification des populations). Elle simplifie beaucoup les méthodes de sélection et augmente la rapidité de réponse du sélectionneur (et donc le progrès génétique). Une plante à multiplication végétative est, d'une certaine façon, plus facile à sélectionner qu'une plante à multiplication sexuée. La maîtrise de *la micropropagation* a permis d'augmenter le rendement de la multiplication végétative. Cette technique est déjà largement utilisée chez certaines espèces. L'*embryogenèse somatique*, avec la perspective des graines artificielles, est un autre rêve. Malheureusement, si la production d'embryons est maîtrisée, leur "encapsulage" est loin d'être bien résolu. Cette technique n'est donc utilisée que dans des cas particuliers, comme la production de plants de certains conifères au Canada. L'*apomixie* est aussi un rêve de certains généticiens : produire sous forme de graines n'importe quel génotype. Mais, l'apomixie génétique n'est pas toujours très simple à utiliser, même chez les espèces où elle existe naturellement. Pourquoi alors ne pas penser à une *apomixie induite*, soit par un cytoplasme, soit par une substance chimique ?

. L'accélération des générations

La culture en contre saison en hémisphère Sud, en serres, en chambres de culture (vernalisation) sont des moyens de gagner du temps, en particulier pour la fixation du matériel. La culture d'embryons

immatures est un autre moyen, très utilisé dans l'amélioration du tournesol, et en développement pour le maïs. En fait, la bonne utilisation du temps en sélection est un moyen d'augmenter le progrès génétique, surtout lorsqu'il est fait appel à la culture *in vitro* (haplo-diploïdisation par exemple).

. De nouveaux outils d'observation ou d'analyse

Les progrès dans les instruments d'analyse peuvent avoir des conséquences importantes sur les programmes de sélection pour la qualité. Un exemple typique est donné par l'infra-analyseur : sa mise au point a permis de donner aux programmes de qualité beaucoup plus d'importance (qualité boulangère des blés, qualité des fourrages, etc.).

L'apport des autres disciplines : de nouveaux critères de sélection

Le sélectionneur de plantes doit intégrer différentes disciplines. Les retombées de la collaboration entre l'amélioration des plantes et les autres disciplines sont nombreuses : par exemple, avec la pathologie végétale (test d'infection artificielle avec des races contrôlées de parasites), biochimie-technologie (test de qualité des blés), zootechnie (test de digestibilité *in vitro*). Avec la physiologie végétale, elles ne sont sans doute pas aussi importantes qu'espéré, par suite de difficultés d'identification de caractères physiologiques en relation avec les caractères agronomiques, héritables, faciles à mesurer sur un grand nombre de génotypes.

La production de semences de qualité

La semence est le véhicule du progrès génétique. C'est le développement de toute une **filière semences**, allant du sélectionneur au distributeur, qui a permis et permet toujours le développement de semences de qualité et le succès de la sélection.

2. De la manipulation des génomes à la manipulation des gènes : vers la sélection génotypique

La manipulation des génomes cytoplasmiques : la fusion de protoplastes

Un exemple relativement récent de cette manipulation est donné par la mise au point de la stérilité mâle *Ogura* chez le colza. La maîtrise de la fusion de protoplastes permet des échanges de mitochondries et de chloroplastes, voire des recombinaisons entre génomes mitochondriaux : c'est une source de nouvelle variabilité.

Action sur le nombre chromosomique et la recombinaison entre chromosomes

. Le doublement chromosomique

C'est la découverte de la colchicine en 1936 qui a ouvert la voie à la manipulation des génomes, d'abord par le **doublement du nombre chromosomique d'une espèce diploïde**. Celui-ci est entré dans la pratique courante de l'amélioration de certaines graminées fourragères (ray-grass) ou légumineuses fourragères (trèfle violet), de la betterave (avec la création d'hybrides triploïdes), de plantes florales... Il apporte des caractères nouveaux : grande taille des organes, composition chimique, pérennité...

La maîtrise du doublement chromosomique a aussi permis la **création d'espèces nouvelles** (Triticale) ou **resynthèse d'espèces allopolyploïdes** (colza) par hybridation interspécifique suivie de doublement. Là encore, c'est une *source de nouvelle variabilité* génétique.

. L'haplodiploïdisation

Technique plus récente, très puissante, **l'haplodiploïdisation** permet le passage direct de l'état hétérozygote à l'état homozygote. Elle consiste en la régénération d'un sporophyte à partir d'un gamétophyte. Elle entraîne un *gain de temps* dans l'obtention des lignées. Quand elle est maîtrisée, elle bouleverse l'organisation de la sélection, par exemple pour le maïs. Chez cette espèce, l'utilisation d'inducteurs *in vivo* est assez lourde, mais pourtant entrée en application. Malheureusement, elle n'est pas maîtrisée chez toutes les espèces (recherche à développer).

c. La recombinaison entre génomes

Les croisements interspécifiques suivis ou non de doublement, avec recroisement par l'espèce améliorée, permettent les **recombinaisons entre génomes d'espèces différentes** (exemple du transfert de la résistance au piétin verse d'*Aegilops* au blé, qui représente un cas de transgenèse avant la lettre).

Contrôle de la recombinaison par les marqueurs : la sélection assistée par marqueurs

Un marqueur est une étiquette facile à lire sur le génome (équivalent de gènes). Ce qui est nouveau : leur grand nombre et l'outil d'analyse.

Avec le marquage des gènes, c'est vraiment une ère nouvelle qui s'est ouverte pour la génétique quantitative et la sélection des caractères complexes. Il devient possible de lire le génotype à travers le phénotype des marqueurs, et donc de diriger les recombinaisons entre gènes. La sélection évolue vers la **construction de génotypes**. Le problème est d'avoir des marqueurs les plus pertinents possible, c'est-à-dire des marqueurs des gènes eux-mêmes. Avec la génomique, cela devient possible. La conséquence est là aussi un *gain de temps* et une *meilleure utilisation des ressources génétiques*. Une limite : le nombre de crossing-overs par chromosome. Il faudrait pouvoir augmenter à volonté ce nombre (recherche d'inducteurs de recombinaison).

La modification des gènes

Cela a commencé avec la **mutagenèse aléatoire** (avec les radiations ionisantes, dont un exemple d'application est le riz Cigalon, et avec les mutagènes chimiques), mais sans beaucoup de succès. La **mutagenèse dirigée** n'est pas encore pour aujourd'hui.

La **transgenèse** dans son principe serait une véritable révolution si elle était bien maîtrisée : insertion à volonté de n'importe quel gène dans n'importe quel génotype ; précision chirurgicale dans le transfert, gain de temps... Si déjà elle permettait de remplacer un gène par un autre plus efficace assurant la même fonction, issu de la même espèce (**transgenèse intraspécifique**), combinée au marquage moléculaire, elle bouleverserait bien complètement le métier de sélectionneur. La **transgenèse interspécifique** donne accès à une variabilité nouvelle (résistance aux insectes, résistances aux maladies...). Dans les deux cas, l'utilisation de *promoteurs spécifiques* permet de contrôler le lieu, le moment et l'intensité d'expression du gène.

Mais aujourd'hui, on ne transforme pas n'importe quel génotype et l'insertion du transgène dans le génome n'est pas contrôlée (en fait, on transforme certains génotypes et ensuite on transfère par rétrocroisement aux génotypes améliorés ; des travaux sur la recombinaison homologue doivent être développés pour maîtriser l'intégration), donc la révolution attendue n'est pas encore là. Il est nécessaire de développer des recherches pour mieux maîtriser la technique.

Les retombées attendues de la génomique sont des marqueurs directs des gènes, donc une sélection assistée par marqueurs plus efficace et une construction de génotypes encore plus dirigée, avec une meilleure utilisation des ressources génétiques de l'espèce améliorée par une transgenèse intraspécifique.

Conclusions : continuité ou rupture ?

Depuis longtemps, **l'amélioration des plantes est bien du génie génétique** : son but n'a pas changé, réunir dans un même génotype le maximum d'informations génétiques favorables.

Au fur et à mesure du progrès dans les connaissances, la panoplie des outils à la disposition du sélectionneur s'est enrichie, mais il n'y a pas eu jusqu'à aujourd'hui de remise en cause des schémas établis il y a maintenant plus d'un siècle pour la sélection généalogique chez les autogames, et bientôt un siècle pour la sélection des hybrides.

Les nouveaux outils donnent plus de puissance au sélectionneur, il y a de moins en moins d'aléas, ils font gagner du temps, donc l'utilisateur bénéficie plus rapidement du progrès génétique. D'aveugle et très statistique, la sélection devient de plus en plus dirigée, évoluant vers une véritable **construction**

de génotypes. Mais les nouveaux outils sont toujours à situer dans une stratégie générale d'amélioration du matériel, qui doit aller des ressources génétiques à la création variétale. Le métier de sélectionneur a bien sûr évolué, il évolue, la sélection ne se passe plus uniquement sur le terrain, l'activité de laboratoire joue un grand rôle (mais au service du sélectionneur). De ces points de vue scientifique et technique, **il y a continuité**. Peut-il en être autrement ?

Que ferait-on si on connaissait tous les gènes ? Les caractères agronomiques sont souvent complexes, gouvernés par un grand nombre de locus, sans doute en interaction les uns avec les autres. Identifier physiquement les gènes est aujourd'hui possible (séquençage), bien connaître leur fonction et leur impact au niveau des caractères agronomiques est une tâche importante pour l'avenir. Il est probable qu'il restera toujours une incertitude importante justifiant toujours une amélioration par des voies "classiques". Même si l'on attache moins d'importance aux aspects "quantité de production", génétiquement les plus complexes, et plus d'importance aux aspects qualité et adaptation au milieu, génétiquement plus simples, il reste qu'il faudra toujours considérer les premiers : la quantité produite sera toujours un élément du revenu du l'agriculteur. Donc, les outils tels que la sélection assistée par marqueurs, la transgenèse sont des **moyens pour augmenter et mieux utiliser la variabilité génétique**, pour gagner du temps, mais ils ne peuvent pas se substituer aux méthodes "classiques" (les caractères d'adaptation peuvent relever de la sélection assistée par marqueurs ou de la transgenèse, tandis que la sélection pour les caractères de production demandera toujours l'évaluation au champ).

Continuité ou rupture ? Il y a un problème d'échelle de temps pour juger de la continuité ou de la rupture : entre 1900 et 2000 il y a bien rupture, mais on y est passé de façon progressive. **La discontinuité ou la rupture** (au sens de changement brutal) pourrait se situer beaucoup plus **au niveau économique ou socio-économique**. En effet, les petites entreprises de sélection ne peuvent pas avoir accès, ou difficilement, aux outils les plus récents comme la génomique et la transgenèse et n'investissent qu'à coup sûr au niveau des marqueurs moléculaires. Ce sont donc les entreprises les plus importantes qui mettent en œuvre ces outils (voire qui développent des recherches pour mieux les maîtriser) et qui seront prêtes à les utiliser dès qu'ils seront parfaitement au point. Cela contribue donc à accélérer la concentration des entreprises et accentue la spécificité du métier de sélectionneur. C'est là aussi la rançon du progrès.

Pour en savoir plus :

A. Gallais, 2000. Evolution des outils de l'amélioration des plantes : de la sélection généalogique à la transgénèse, *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 86, 13-25.

A. Gallais, 1989. *Théorie de la sélection en amélioration des plantes*, Ed. Masson, Paris, 588 p.

D. de Vienne, 1998. *Les marqueurs moléculaires en génétique et biotechnologies végétales*, INRA Ed., 208 p.

Utilisation d'outils génomiques dans les programmes d'amélioration des plantes. Quelques exemples chez les plantes maraîchères

Michel Pitrat et **Mathilde Causse**

INRA, Unité de Génétique et d'Amélioration des Fruits et Légumes, BP 94, 84143 Montfavet cedex
Michel.Pitrat@avignon.inra.fr, Mathilde.Causse@avignon.inra.fr

Michel Pitrat et Mathilde Causse sont chercheurs à l'Unité de Génétique et d'Amélioration des Fruits et Légumes d'Avignon, où ils travaillent respectivement sur les résistances aux maladies chez le melon et la qualité de la tomate.

Pendant une grande partie du XXe siècle, l'amélioration des plantes a essentiellement utilisé la sélection basée sur le phénotype. Des progrès considérables ont ainsi été réalisés dans des domaines aussi différents que l'amélioration du rendement, de la qualité, l'adaptation à différents stress biotiques ou abiotiques. Dans un schéma général d'amélioration des plantes (Figure 1), à partir des ressources génétiques, une alternance de phases de recombinaison, de sélection et de tri, va permettre d'aboutir à la création d'une nouvelle variété. La place de la génomique dans ce schéma de création variétale et de sélection se situe au niveau de l'utilisation des marqueurs moléculaires et va permettre d'essayer de passer du tri phénotypique au tri sur le génotype. Les marqueurs sont surtout utiles pour i) des tests phénotypiques lourds comme la qualité d'un produit ou bien certaines résistances aux maladies ou peu précis, ii) pour réaliser des tests précoces et iii) pour des caractères à contrôle génétique récessif. Des cartes génétiques ont d'abord été établies puis des programmes de clonage ont été développés.

Le développement récent de la génomique apporte des outils nouveaux qui commencent à être intégrés dans les programmes d'amélioration des plantes. Nous allons présenter quelques exemples d'utilisation de ces outils dans des programmes d'amélioration des plantes maraîchères, avec des illustrations chez la tomate, le melon ou le piment.

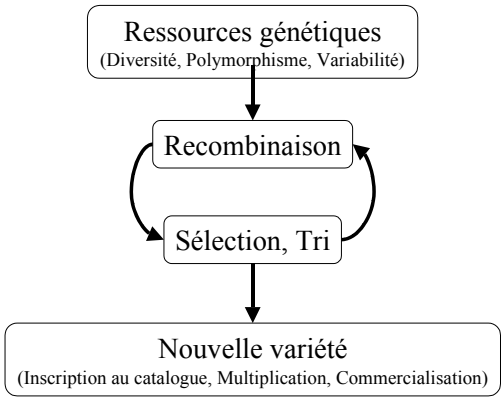


Figure 1. Un schéma général d'amélioration des plantes

1. Cartes génétiques et sélection assistée par marqueurs

Les cartes génétiques représentant le génome d'une espèce ont été développées depuis la première moitié du XXe siècle. Mais, à cause du petit nombre de caractères phénotypiques à contrôle monogénique, ces cartes étaient d'une part lourdes à élaborer car nécessitant l'étude d'un très grand nombre de croisements et d'autre part peu précises. La figure 2 schématise l'état de la carte génétique de la tomate en 1950, synthèse d'un grand nombre de descendances. Les douze groupes de liaison de la tomate sont présents ; parfois, il n'y a qu'un seul gène sur un chromosome, mais c'était l'état des connaissances à cette époque. La génétique de la tomate est très travaillée au niveau mondial.

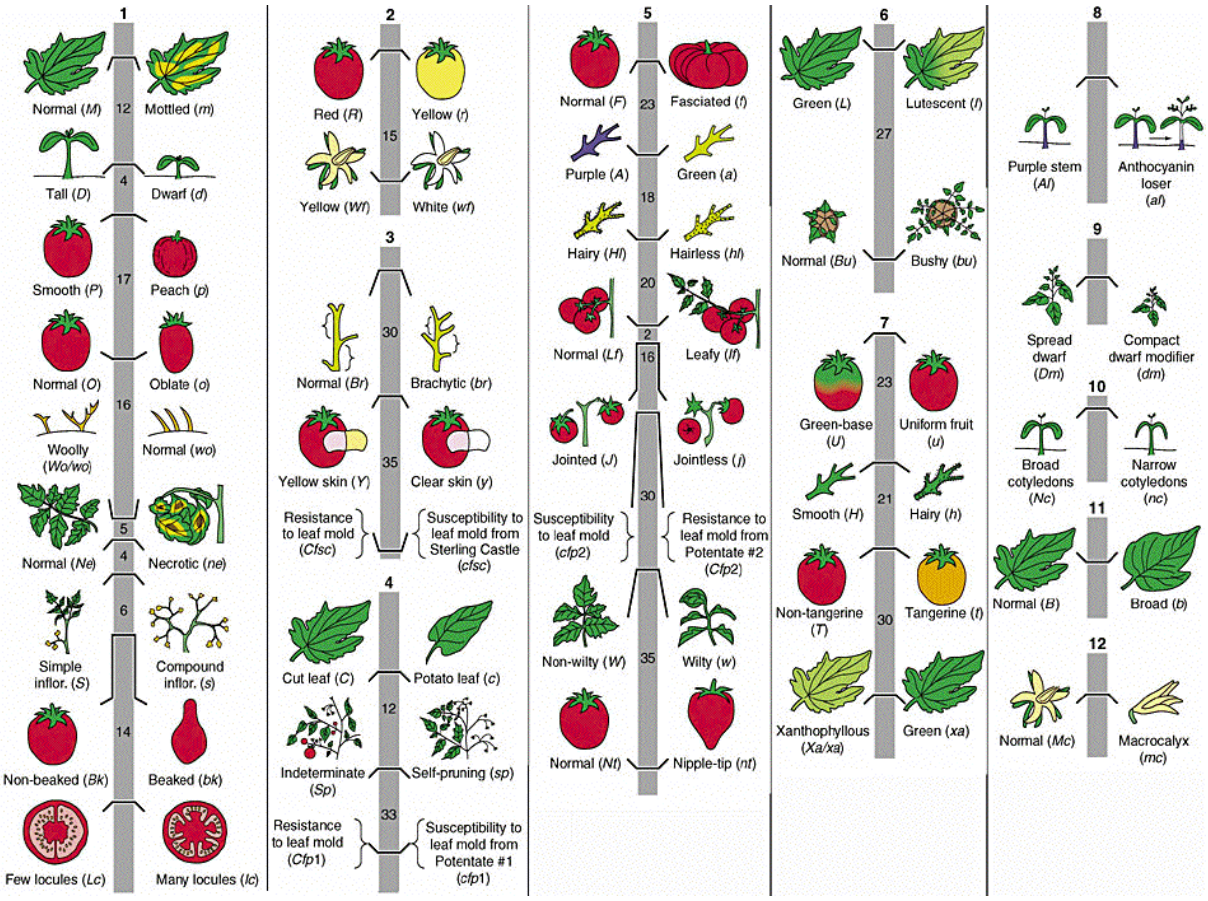


Figure 2. Carte génétique de la tomate dans les années 1950 (d'après Butler 1952)

Sur d'autres espèces, par exemple le melon, il a fallu attendre 1990 pour avoir une carte de ce type, c'est-à-dire uniquement avec quelques caractères phénotypiques comme des résistances aux maladies ou des caractéristiques de biologie florale. L'utilisation des isoenzymes puis la mise au point de différents types de marqueurs moléculaires, et en particulier ceux fondés sur la PCR, disponibles en très grand nombre, a permis le développement de cartes génétiques de plus en plus denses et précises. Des cartes génétiques comme celles du maïs, du riz ou bien de la tomate comprenant plus de mille marqueurs donnent ainsi une image fine des groupes de liaison génétiques. Des cartes génétiques de plus ou moins bonne qualité sont maintenant disponibles chez la plupart des espèces faisant l'objet de programmes importants d'amélioration des plantes. Pour un sélectionneur, une carte génétique saturée en marqueurs moléculaires, sur laquelle ne sont positionnés que quelques gènes d'intérêt agronomique n'a que peu d'intérêt. L'étape d'enrichissement qui consiste à positionner sur une carte de marqueurs des mutations utiles ou des gènes exprimés est loin d'être achevée, même chez des espèces économiquement importantes.

Une fois un gène d'intérêt localisé à proximité d'un marqueur, la sélection se fera sur ce marqueur. L'efficacité de la SAM (sélection assistée par marqueur) dépendra de la distance entre le marqueur et le gène et de la qualité du marqueur, suivant qu'il est dominant ou codominant. De plus, l'efficacité augmentera si le gène peut être encadré par deux marqueurs, un de chaque côté. Enfin, l'existence d'une carte saturée permet de contrôler le retour sur le génome du parent récurrent. On compte en moyenne un gain de une à deux générations sur une série de rétrocroisements.

Quelques exemples pris chez la tomate permettent d'illustrer l'évolution de l'utilisation de ces liaisons.
La résistance à la bactérie *Pseudomonas syringae* pv *tomato* est contrôlée par le gène dominant *Pto* qui est lié à une nécrose à un insecticide, le fenthion. Cette liaison n'a jamais pu être rompue par la recombinaison. Les sélectionneurs de tomate, au lieu de réaliser des tests d'inoculation artificielle avec la bactérie, pulvérisent du fenthion sur des plantules au stade "deux feuilles". Les plantes présentant

des taches nécrotiques sont résistantes à la bactérie. Ce système marche relativement bien et est toujours utilisé du fait de la liaison très étroite entre le marqueur et le gène.
Un gène de stérilité-mâle (*ms-35*) est lié à un gène de couleur de l'hypocotyle (couleur verte due à l'absence d'anthocyane = *aa*). Le fait qu'il s'agisse d'une stérilité-mâle génique récessive signifie que l'on ne peut pas obtenir de lignée parentale fixée servant de parent femelle, mais pour la fabrication des hybrides F_1 commerciaux, il faut que l'on puisse reconnaître les plantes mâle-stériles. Dès la germination, on peut prévoir, au pourcentage de recombinaison près, d'après la couleur de l'hypocotyle si la plante sera mâle-stérile ou non. Il y a eu quelques tentatives pour utiliser ce système mais sans grand succès pratique, en particulier parce qu'il revient toujours moins cher de faire des castrations manuelles dans des pays à faible coût de main d'œuvre.
Dans les années 1975, les sélectionneurs privés ont commencé à utiliser la liaison entre le gène *Mi* de résistance aux nématodes à galles *Meloidogyne* et une isoenzyme (gène *Aps-1* phosphatase acide) (Figure 3).

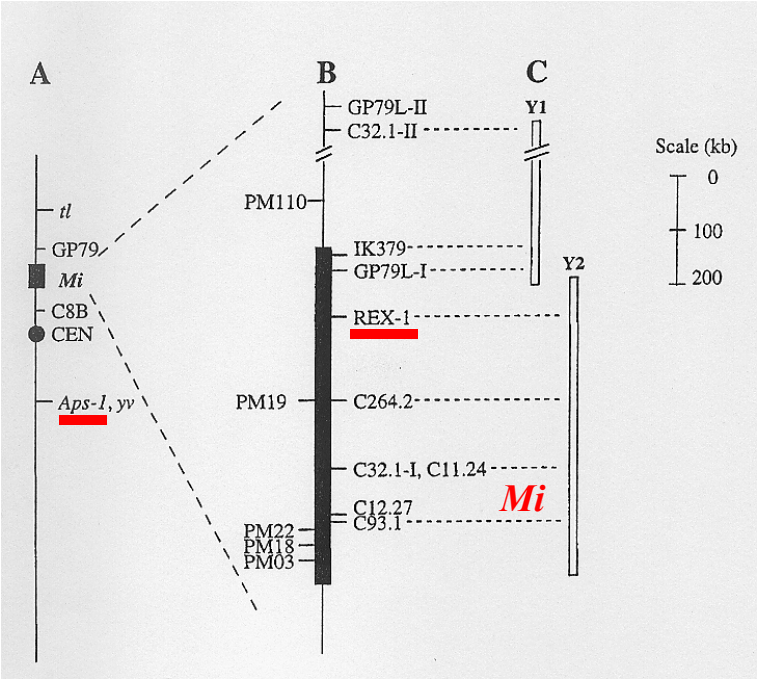


Figure 3. Le marqueur isoenzymatique *Aps-1* a été utilisée pour la sélection de tomates résistantes aux nématodes puis a été remplacé par le marqueur moléculaire REX-1 (d'après Kaloshian *et al* 1998)

Le développement des marqueurs moléculaires a permis d'obtenir des cartes génétiques saturées. Ainsi, toujours chez la tomate et pour le gène *Mi* de résistance à *Meloidogyne*, les sélectionneurs utilisent maintenant le marqueur REX-1, que l'on peut acheter pour 1800 € et qui est beaucoup plus proche de *Mi* que *Aps-1* (Figure 3). Le gène *Mi* a maintenant été cloné et on peut éventuellement dériver des marqueurs situés dans le gène lui-même. Un autre exemple est la résistance au champignon du sol *Pyrenochaeta lycopersici* contrôlée par le gène récessif *py-1*. L'intérêt du passage du phénotype au génotype grâce aux marqueurs est encore plus évident dans le cas d'un gène récessif puisque l'on peut faire des rétrocroisements successifs évitant une autofécondation entre chaque rétrocroisement. Un marqueur PCR-spécifique (issu du marqueur RFLP TG324) est utilisé. Actuellement, chez la tomate, la sélection par marqueurs pour une dizaine de caractères de résistance aux maladies est utilisée : *Fusarium oxysporum lycopersici* (*I-2* et *I-3*), *P. lycopersici* (*py-1*), *Leveillula taurica* (*Lv*), *Stemphylium sp* (*Sm*), *P. syringae tomato* (*Pto*), Tomato Mosaic Virus (*Tm-2*^{2}), Tomato Spotted Wilt Virus (*Sw-5*), Tomato Yellow Leaf Curl Virus (*Ty-1*), *Meloidogyne sp* (*Mi*).

Par ailleurs, la disponibilité de cartes génétiques de bonne qualité a également permis la localisation des gènes qui contrôlent des caractères quantitatifs ou QTL comme le rendement ou la qualité. La nature même de ces caractères dont l'expression dépend des conditions environnementales rend difficile l'estimation du nombre de gènes en jeu, de leurs effets individuels, de leurs interactions

éventuelles (dominance, épistasie) et de leur position précise sur le génome. Cependant on commence à disposer de cartes de QTL pour plusieurs espèces d'importance économique. La cartographie plus fine des QTL permet l'analyse de clusters ou zone du génome dans laquelle sont localisés plusieurs caractères et par ailleurs de disposer de marqueurs pour la SAM.

Un exemple, réalisé à l'INRA d'Avignon, peut être développé pour des critères de qualité chez la tomate. Dans la partie distale du chromosome 2, deux QTL semblent intervenir sur la teneur en sucres, l'acidité ou la matière sèche (allèles favorables venant du parent de type "tomate cerise") et pour le poids, le calibre et le nombre de loges (allèles favorables venant du parent à gros fruit). On cherche à combiner les qualités organoleptiques et des fruits de grosse taille, mais ces caractères paraissent antagonistes et semblent se localiser sur la même région chromosomique en répulsion (Figure 4). Une cartographie plus fine de cette zone a été réalisée (Figure 5) qui a permis de séparer, pour la région des QTL du haut, les QTL de "teneur en sucres" du QTL de "poids du fruit" et "calibre", ce qui permet d'espérer obtenir après recombinaison des variétés cumulant les allèles favorables pour ces caractères. De manière un peu plus surprenante, il a été possible de séparer d'une part le QTL de "nombre de loges" de ceux contrôlant le "calibre" et le "poids du fruit". Les marqueurs ont donc permis d'affiner la cartographie de cette zone.
Enfin, dans le cas des caractères quantitatifs, quelques QTL ont été clonés, par exemple, chez la tomate, *fw2-2* qui est un QTL de poids du fruit et *Lin-5* qui intervient dans la teneur en matière sèche soluble.

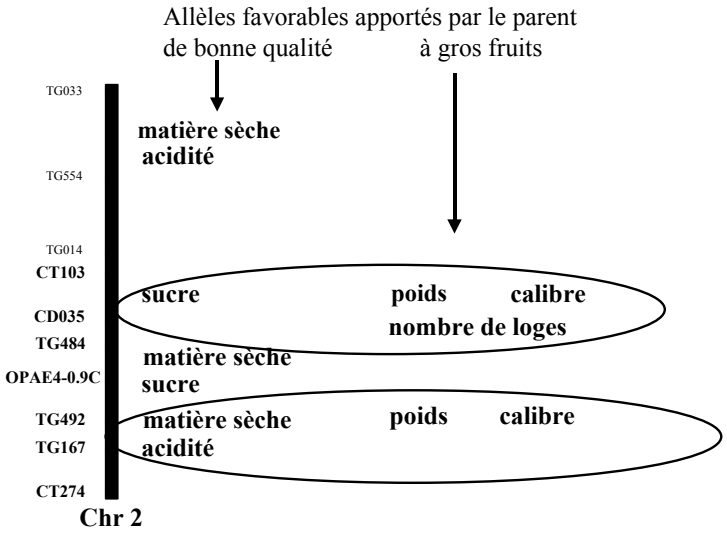


Figure 4. QTL de qualité situés sur le chromosome 2 de la tomate

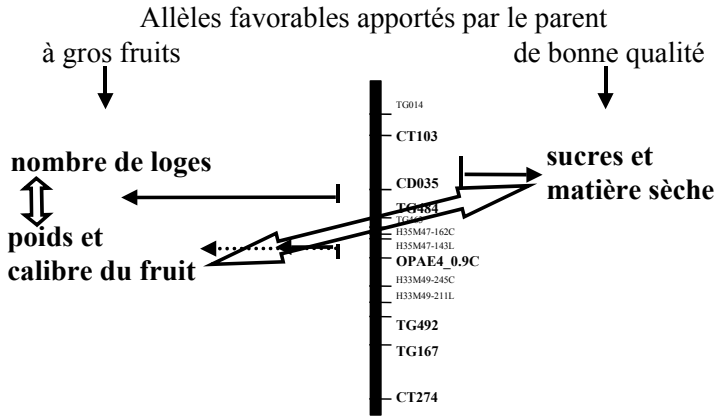


Figure 5. Cartographie plus fine de QTL de qualité. Les caractères "sucres" et "matière sèche" d'une part, et "poids du fruit" et "calibre" d'autre part, qui semblaient antagonistes, ont pu être séparés.

2. Synténie entre espèces et gènes candidats

Au cours du développement des cartes génétiques, il est apparu, en utilisant des marqueurs moléculaires communs, que certaines zones du génome étaient relativement bien conservées dans leur structure, si ce n'est dans leur fonction, entre des espèces voisines (synténie). Par exemple, une bonne synténie existe entre différentes Poacées, Brassicacées ou bien Solanacées. Ceci peut permettre de disposer plus rapidement de marqueurs dans une zone du génome déjà bien connue chez une espèce voisine.

Ainsi chez les Solanacées, on a plusieurs exemples de correspondance entre les génomes de la tomate, de la pomme de terre et du piment. Citons par exemple la conservation de localisation des gènes de résistance au virus Y de la pomme de terre chez la tomate et le piment, ou bien entre le génome du piment et celui de la pomme de terre pour des résistances à deux mildious, *Phytophthora capsici* chez le piment, et *Phytophthora infestans* chez la pomme de terre. Dans ce dernier cas, il s'agit de correspondance entre des QTL de résistance à ces deux Oomycètes (Figure 6).

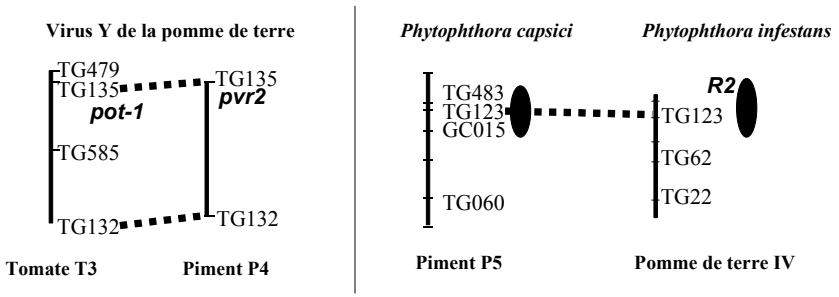


Figure 6. Synténie entre la tomate et le piment autour des loci *pot-1* et *pvr2* de résistance au virus Y de la pomme de terre, et entre le piment et la pomme de terre autour de QTL de résistance à *Phytophthora capsici* et *P. infestans*.

Les cartes de gènes/QTL, couplées aux techniques de génomique, ont permis de cloner un certain nombre de gènes d'intérêt (gènes de résistance, QTL de poids du fruit…). Des gènes dont la fonction est connue chez une autre espèce, et en particulier chez l'espèce modèle *Arabidopsis thaliana*, peuvent avoir des homologies avec des gènes de même fonction ou de fonction voisine chez une espèce d'intérêt agronomique. Ils peuvent servir de gènes candidats pour la localisation précise de gènes ou de QTL chez l'espèce sélectionnée.

Un exemple d'utilisation de gènes candidats peut être fourni par le piment. A maturité, le fruit des piments peut être rouge ou jaune (ou éventuellement d'autres couleurs). La couleur jaune est contrôlée par la mutation récessive *y* qui a été localisée sur la carte génétique. La couleur est due à la présence/absence de certains caroténoïdes. La voie de biosynthèse des caroténoïdes est bien connue et un gène codant pour la capsanthine-capsorubine synthase (CSS) permet la synthèse des composés responsables de la couleur rouge du piment. Le gène CSS a été cloné, cartographié et il colocalise avec le gène *y* et donc avec le phénotype jaune/rouge. L'utilisation de marqueurs dérivés de la séquence du gène CSS permet d'éviter les recombinaisons génétiques entre un marqueur et le gène et donc de passer de la SAM (Sélection Assistée par Marqueurs) à la SAG (Sélection Assistée par Gènes).

En effet, la liaison entre un gène (ou un QTL) et un marqueur est une liaison statistique qui peut être rompue au cours des méioses portant sur des effectifs importants. En cours de sélection avec le marqueur, on garde le marqueur mais on perd le gène, ce qui arrive assez fréquemment, ou bien l'inverse après sélection phénotypique.

Par exemple chez le melon, une résistance au puceron *Aphis gossypii* a été identifiée dans un géniteur d'origine coréenne. Par une alternance de croisements par des parents récurrents de type charentais et de tris phénotypiques pour la résistance au puceron, on a abouti à une lignée résistante correspondant au goût du consommateur français. Cependant faire des tests de résistance au puceron est difficile. Il faut maintenir un élevage de pucerons toute l'année, bien synchroniser l'élevage des plantes à inoculer et la multiplication des pucerons, et réaliser les tests. Des aides au tri phénotypique seraient bien utiles. Nous avons identifié deux marqueurs flanquants, l'un à 1,1 cM, l'autre à 0,7 cM, à droite et à gauche du gène *Vat* contrôlant la résistance. Ces marqueurs ont été identifiés dans le géniteur initial de

résistance d'origine coréenne. Ce géniteur est utilisé depuis 20 ans et les sélectionneurs ont donc eu le temps de faire 30 ou 40 méioses et des tris phénotypiques pour la résistance. Dans le matériel élite résistant aujourd'hui créé, on trouve très rarement l'un ou l'autre de ces marqueurs.

Il s'agit là d'un problème très important et très fréquent puisqu'il concerne tous les gènes utilisés depuis longtemps en amélioration des plantes et introduits dans du matériel élite dans différents types variétaux. Les liaisons avec des marqueurs identifiées dans le géniteur initial ou bien dans des lignées d'un type variétal, ne sont pas conservées dans des lignées améliorées appartenant à un autre type variétal. Il n'y a pas de solution universelle ; chaque sélectionneur doit rechercher dans son propre matériel des liaisons entre le gène d'intérêt et des marqueurs. Il sera en cela aidé par des cartes génétiques à haute résolution. Lorsque la séquence du gène est connue, on peut définir des marqueurs dans le gène. Il n'y a alors plus de risque de recombinaison et on pourra faire de la SAG. Le fait que le gène *Vat* ait maintenant été cloné permet cette approche.

Le contre-exemple est fourni par les résistances aux maladies chez la tomate présentées dans le paragraphe 1. Pourquoi ? Parce que tous ces gènes viennent d'espèces sauvages, et il y a suppression de la recombinaison dans la portion du génome venant de l'espèce sauvage et introgressé dans la tomate. De temps en temps il y a des recombinaisons, mais elles sont malgré tout extrêmement rares.

3. Conclusions

Les résultats obtenus par les génomiciens-biologistes moléculaires sur les différents types de marqueurs moléculaires, sur la structure et la fonction des gènes doivent être intégrés par les généticiens-améliorateurs des plantes. Dans le foisonnement actuel de la biologie moléculaire, il n'est pas toujours facile de faire des choix. Suivant le but poursuivi, plusieurs stratégies sont possibles tant dans l'approche génétique (élaboration d'une carte génétique, cartographie fine, SAM) qu'au niveau moléculaire (clonage positionnel, gènes candidats, criblage de mutants). La connaissance précise de la biologie et de la diversité des plantes reste essentielle. La sélection assistée par marqueur commence seulement à être intégrée dans les programmes d'amélioration des plantes maraîchères parce qu'il y a des coûts importants de développement et de fonctionnement. Même si les prix baissent, il revient encore moins cher de pulvériser du Fenthion sur une plante de tomate que d'en extraire l'ADN et de faire une PCR.

L'élaboration de cartes génétiques consensus de qualité comportant des marqueurs, des gènes (EST et locus de caractères d'intérêt) et des QTL est un préalable nécessaire pour chaque espèce, même si la synténie peut parfois faciliter cette étape. La recherche des meilleurs marqueurs polymorphes et codominants dans différents fonds génétiques et l'application dans les programmes de sélection pose en particulier le problème des gènes utilisés depuis longtemps.

Références bibliographiques

Lefebvre V., Kuntz M., Camara B., Palloix A. (1998) The capsanthin-capsorubin synthase gene: a candidate gene for the y locus controlling the red fruit colour in pepper. *Plant Molecular Biology* 36: 785-789

Kaloshian I., Yaghoobi J., Liharska T., Hontelez J., Hanson D., Hogan P., Jesse T., Wijbrandi J., Simons G., Vos P., Zabel P., Williamson V.M. (1998) Genetic and physical localization of the root-knot nematode resistance locus *Mi* in tomato. *Molecular & General Genetics* 257: 376-385

Causse M., Caranta C., Saliba-Colombani V., Moretti A., Damidaux R., Rousselle P. (2000) Valorisation des ressources génétiques de la tomate par l'utilisation de marqueurs moléculaires. *Cahiers Agricultures* 9: 197-210

Frary A., Nesbitt T.C., Frary A., Grandillo S., van der Knaap E., Bin C., JiPing L., Meller J., Elber R., Alpert K.B., Tanksley S.D. (2000) *fw2.2*: a quantitative trait locus key to the evolution of tomato fruit size. *Science* 289 (5476): 85-88

Fridman E., Pleban T., Zamir D. A recombination hot spot delimits a wild-species quantitative trait locus for tomato sugar content to 484 bp within an invertase gene. *Proceedings National Academy of Science*, USA 97: 4718-4723

Discussion

Question : Yves Hervé a parlé du passage du champ ou de la serre au labo, parce que la sélection assistée par marqueur implique une modification considérable. Quelles conséquences cela a-t-il eu sur l'organisation du travail, l'organisation de votre labo ?

M. Pitrat : Il faut effectivement acquérir de nouvelles compétences. Des laboratoires extérieurs peuvent faire un travail à façon, de prestation de service, mais la plupart des sociétés de sélection ont développé leurs propres laboratoires de biologie moléculaire. D'une part, il y a un travail plus "amont" de développement des cartes génétiques, de cartographie des gènes et des QTL impliqués dans le contrôle d'un caractère. Cette activité est souvent réalisée par des laboratoires de recherche publique, mais risque de l'être de moins en moins dans l'avenir puisque des instituts comme l'INRA diminuent fortement le nombre d'espèces sur lesquelles ils travaillent. D'autre part, il faut malgré tout garder les anciennes compétences car il faut vérifier régulièrement l'expression d'un caractère. Il faut donc toujours être capable de faire un test de résistance à une maladie ou bien de juger de la qualité d'un produit.

M. Caboche : Un petit commentaire à propos du gène *Pto*, dont Michel a parlé. Ce gène a, je pense, joué un rôle important dans le démarrage du programme Génoplante, car il a provoqué un électrochoc pour nous en France. Ce matériel génétique avait été caractérisé dans une station de l'INRA et a été cloné par l'équipe de S. Tanksley de Cornell University. Nous avons réalisé que nous avions de l'or dans les mains, mais que nous n'avions pas été capables de le valoriser. C'est essentiellement une question d'organisation pour pouvoir nous-mêmes nous lancer dans ce genre de technologie. Un effort avait été entrepris, en particulier à l'initiative de Michel Dron, pour essayer de démarrer dans ce domaine, mais, il faut le dire, faute de moyens et d'organisation, il n'a pas véritablement abouti. Lorsqu'on a lancé Génoplante, nous avions donc un peu en tête l'idée, si je puis dire, de prendre notre revanche dans ce domaine, d'être capables d'avoir la maîtrise de ce genre de techniques en France.

Amélioration des plantes et génomique : l'intégration des approches L'exemple de la vigne

Anne-Françoise Adam-Blondon

INRA-URGV - 2 rue Gaston Crémieux - CP5708 - 91058 Evry cedex
adam@evry.inra.fr

A.F. Adam-Blondon est chercheuse à l'UMR Génomique Végétale (INRA d'Evry) dans l'équipe Organisation du Génome des Plantes Cultivées animée par Boulos Chalhoub. Elle travaille sur l'établissement d'une carte physique du génome de la vigne, en collaboration avec les équipes des départements GAP et TPV travaillant sur la vigne dans les centres de Bordeaux, Colmar et Montpellier, et le CNS.

Michel Pitrat a très bien décrit les enjeux du développement d'outils pour la sélection assistée par marqueurs chez une plante cultivée, depuis le développement de marqueurs des régions du génome impliquées dans la variation des caractères jusqu'à leur utilisation dans des programmes de sélection. Je voudrais donc plutôt insister sur les défis supplémentaires qui se posent à nous dans le cas de l'amélioration d'une plante pérenne, la vigne.

1. La vigne : objectifs de sélection et conditions de réalisation

Pour faire court, l'ensemble de la communauté internationale s'intéressant à l'amélioration de la vigne est d'accord sur le fait que l'objectif principal est l'introduction de la résistance aux maladies dans de nouvelles variétés de vignes, qu'il s'agisse de raisins de table, de raisins de cuve ou de porte-greffe (créés pour résoudre le problème du phylloxéra). Cette sélection doit être réalisée en maintenant les qualités agronomiques existantes et contrastées de ces trois différents produits.

En ce qui concerne les raisins de table, les objectifs et critères de sélection sont relativement simples à définir en collaboration avec une profession bien organisée. Cependant, du point de vue économique, la production de raisins de table ne constitue un pilier ni de l'agriculture française, ni de l'agriculture européenne.

En ce qui concerne les variétés porte-greffe, le caractère principal qui doit absolument être maintenu à un bon niveau est la résistance au phylloxéra. Les variétés hautement résistantes crées il y a plus de cent ans sont toujours efficaces contre le phylloxera. A *contrario*, la plantation récente de vignobles sur variétés porte-greffe partiellement résistantes en Californie a conduit à leur arrachage après des attaques sévères par la forme souterraine du puceron. Cela démontre l'importance qu'il faut attacher à ce caractère. L'adaptation aux sols calcaires est également un caractère fondamental. L'innovation que l'on aimerait apporter aux variétés porte-greffe est la résistance au nématode vecteur du virus du court-noué, *Xiphinema index*, associée à une résistance au virus lui-même. Tout le vignoble européen et la majorité du vignoble mondial est greffé. La filière de pépiniéristes est très active et bien organisée.

Le cas des raisins de cuve est beaucoup plus complexe. Qu'est-ce que la qualité d'une vendange en raisin de cuve ? C'est un critère essentiel mais très difficile à définir. On ne peut pas créer une variété résistante de mauvaise qualité en raisin de cuve, cela ne serait pas acceptable (et cela a d'ailleurs été rejeté par le passé). La filière a un grand poids économique en France et en Europe mais elle n'est pas bien organisée, en ce qui concerne l'interface avec la recherche. Jusqu'à présent, la position de la filière est de cultiver des variétés hautement qualitatives et de les traiter. Cependant, cette culture est la deuxième en terme de consommation de produits phytosanitaires après les céréales, alors qu'elle occupe 10 fois moins de surface environ. Cette position ne sera pas tenable sur le long terme.

L'amélioration de la vigne se heurte à différent types de **contraintes** :

- **socio-économiques et réglementaires** : l'amélioration des variétés de raisin de cuve n'est pas encouragée du fait que le produit le plus valorisé est le vin d'Appellation d'Origine Contrôlée. Or, dans

ce cadre, les cépages utilisés sont fixés par la réglementation et l'introduction de nouvelles variétés est très difficile et très longue. En particulier, des variétés dans lesquelles on aurait introduit des gènes de résistance sont appelées hybrides par la profession et sont interdites à la culture en AOC. Il y a donc un gros travail de la communauté européenne et mondiale pour expliquer que si une tomate introgressée est toujours considérée comme une tomate, il devrait en être de même pour la vigne. Pour la tomate comme pour la vigne l'important est d'éliminer tous les caractères défavorables provenant des espèces sauvages qui ont été introduits en même temps que les résistances aux agents pathogènes.
Par ailleurs, le vin est un produit de luxe. Il n'est pas essentiel à notre alimentation, mais améliore nettement la qualité de notre vie. En Europe, c'est un produit extrêmement investi au niveau culturel et même liturgique, et depuis très longtemps. Ce sont des facteurs dont nous sommes obligés de tenir compte, sans avoir forcément des moyens d'analyse pertinents en tant que généticiens et biologistes.

- **génétiques** : la vigne est hétérozygote, or les caractères auxquels on s'intéresse ont un déterminisme polygénique.

- **biologiques**. La vigne a un cycle long, même s'il est inférieur à celui d'autres arbres : au minimum trois ans de graine à graine. Cela représente une contrainte importante sur le nombre de croisements possibles dans un laps de temps donné dans le cadre d'études génétiques ou d'introgression de caractères dans du matériel d'élite. La fertilité est moyenne et la densité de plantation à l'hectare est faible. Les évaluations de caractères nécessitent donc énormément d'espace, que ce soit au champ ou en serre. Il est donc extrêmement important de pouvoir choisir précocement, à l'aide de critères pertinents et précis, les individus intéressants à évaluer dans des populations en ségrégation qui ne seront jamais ni très grandes, ni très nombreuses.

La vigne présente tout de même des **avantages**. C'est une plante très facile à multiplier végétativement. On peut alors répliquer un individu hétérozygote à l'envi. Nous disposons de très bonnes collections de ressources génétiques, en particulier en France. La vigne est diploïde avec un petit génome (environ quatre fois la taille de celui d'*Arabidopsis*). Enfin, l'un des avantages que j'ai trouvés lorsque j'ai commencé à travailler sur cette plante, était que la communauté scientifique travaillant sur la génétique et la biologie moléculaire des caractères de la vigne était assez dynamique et assez soudée. Cet aspect risque de changer dans la mesure où cette communauté s'élargie de façon exponentielle actuellement et que les enjeux évoluent.

2. Les différents travaux engagés

Quels sont les travaux qui nous ont semblés pertinents à engager ? Le premier a consisté à affiner la **description des ressources génétiques** dont on disposait. Elles avaient été très bien décrites au niveau phénotypique et nous avons décidé d'approfondir nos connaissances à l'aide de marqueurs moléculaires neutres dans un premier temps, et bientôt en utilisant la variation allélique de gènes d'intérêt. Ces études nous permettent en particulier d'aborder les relations entre le compartiment sauvage et le compartiment cultivé, mais aussi quelles sont les bases moléculaires de la variation clonale, de donner des informations sur ce que représente la variation allélique sur une séquence chez la vigne, etc. Ces données sont un support très précieux pour les autres études génétiques et génomiques.

Une **carte génétique** était nécessaire pour la détection de QTLs de caractères d'intérêt. Nous avons décidé de construire une carte du génome de *Vitis vinifera* à l'aide de marqueurs microsatellites. Grâce au soutien de l'INRA et à un financement Génoplante, nous avons réussi à construire une première carte du génome de *Vitis vinifera* à l'aide de 200 locus microsatellites. Un an près sa construction, cette carte est déjà utilisée pour en construire deux autres à l'aide de croisements différents, dont un faisant intervenir un porte-greffe. Les locus microsatellites étant spécifiques et la vigne étant extrêmement hétérozygote, il est assez facile de transférer l'information d'un croisement à un autre, même lorsqu'une espèce proche de *Vitis vinifera* est impliquée (cas des porte-greffe).

En parallèle, nous essayons de développer les outils et les méthodes pour la **sélection assistée par marqueurs** de nouvelles variétés de vigne. Nous avons choisi pour cela un modèle simple avec des descendances déjà développées : les variétés de raisin de table sans pépins (apyrène), résistant aux maladies et à saveur muscatée pour répondre au goût du consommateur européen. La première étape a

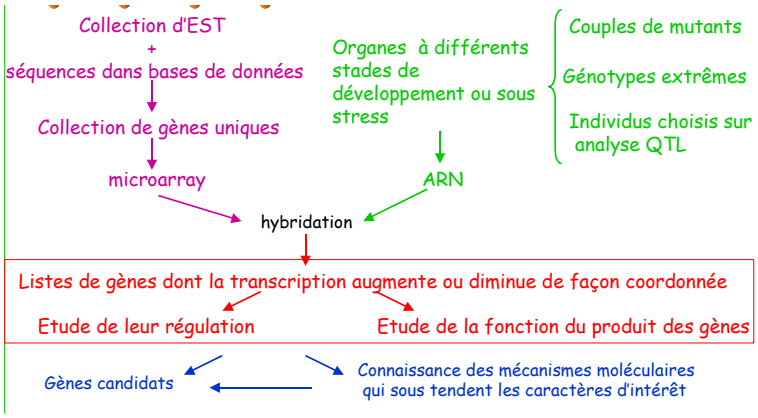
consisté à détecter des QTLs d'apyrénie. Les marqueurs encadrant les QTLs sont en cours de validation sur différentes populations, faisant intervenir des parents contrastés avec et sans pépins. En parallèle, nous essayons d'améliorer nos méthodes de sélection phénotypique, et en particulier d'accélérer le cycle biologique de la vigne par différentes méthodes en serre et au champ.

Enfin, nous avons également essayé de développer des outils de **cartographie fine** à travers un projet d'isolement d'un gène de résistance à l'oïdium chez la vigne en collaboration avec le CSIRO (Australie).

La qualité des marqueurs que nous allons utiliser dans nos programmes de sélection est d'autant plus importante que nous devons faire face aux contraintes biologiques que j'ai précédemment décrites. Le meilleur marqueur serait sans aucun doute le gène dont la variation de séquence explique la variation phénotypique (gène candidat). Nous commençons donc à développer une **carte de gènes** chez *Vitis vinifera*, et de gènes si possible candidats.

Comment choisir ces gènes que l'on va cartographier ? Peut-on se baser sur les espèces modèles ? Cette approche est intéressante mais a ses limites. En effet, les mécanismes moléculaires qui sous-tendent un caractère ne sont pas toujours exactement transposables d'une espèce à l'autre, comme par exemple dans le cas des gènes impliqués dans le développement floral. Par ailleurs, la position des gènes impliqués dans une fonction particulière n'est pas non plus toujours conservée d'une espèce à l'autre. C'est le cas par exemple des gènes de résistance. Il est également souvent difficile d'identifier l'orthologue pertinent d'un gène appartenant à une famille multigénique d'une espèce à l'autre. Or si on s'intéresse à la qualité de la vigne, les gènes impliqués dans les voies de biosynthèse des métabolismes secondaires appartiennent quasiment tous à des familles multigéniques. Enfin, le caractère d'intérêt n'est pas toujours étudié ou pas toujours pertinent à étudier dans les espèces modèles. Par exemple, la baie de raisin est un fruit non climactérique, alors que la tomate qui sert de modèle de fruit charnu est à maturation climactérique. Nous avons donc décidé de développer un minimum d'outils nous permettant d'étudier le déterminisme moléculaire des caractères agronomiques d'intérêt chez la vigne.

Des équipes du TPV développent actuellement une collection d'EST ainsi que des microarrays grâce à un soutien financier de l'INRA et à un financement Génoplante. La première microarray comprend à peu près 3 000 unigènes exprimés dans la baie de raisin. Les connaissances que nous acquerrons sur les mécanismes moléculaires impliqués dans le développement de la baie nous aiderons à choisir de façon plus pertinente des gènes candidats pour des caractéristiques de la baie.



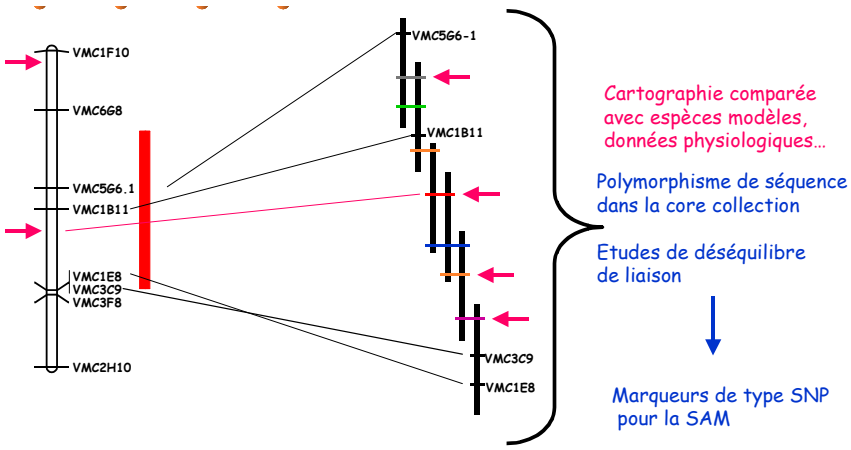
Choix des gènes candidats

Comment cartographier de la façon la plus efficace possible ces gènes ? Il est possible de les **cartographier génétiquement**, mais dans ce cas il faut mettre en évidence du polymorphisme allélique chez les parents et cette étape peut être longue et souvent infructueuse : certains gènes ne pourront donc pas être cartographiés sur la carte de référence. Nous avons donc décidé de tirer partie de la petite taille du génome de la vigne et de construire une carte physique du génome de la vigne en ordonnant une banque de grand fragments d'ADN de vigne les uns par rapport aux autres pour reconstruire une sorte de "puzzle" des chromosomes. Il est ensuite beaucoup plus efficace de **placer des gènes sur une**

carte physique, car il n'est alors pas nécessaire de mettre en évidence du polymorphisme allélique ; il suffit d'identifier quels sont les grands fragments qui portent la séquence du gène (ancrage des gènes sur les fragments d'ADN). En attendant que la carte physique soit disponible, l'ancrage des gènes sur ces grands fragments non encore ordonnés permet de générer une base de données de fragments contenant des gènes qui intéressent nos collègues physiologistes, qui peuvent ainsi avoir accès assez facilement à la séquence complète du gène ainsi qu'à son environnement : séquences régulatrices, gènes proches, etc. Nous avons décidé de mener les deux approches, carte physique et génétique en parallèle.

Pour développer une carte physique, il faut construire une banque de grands fragments d'ADN représentant le génome de la vigne (**banque BAC**). Cela a été réalisé à l'URGV dans le laboratoire de Boulos Chalhoub qui, ayant construit une banque BAC blé, possède une technologie très efficace dans ce domaine. Trois banques BAC de différents cépages de vigne ont ainsi été très rapidement produites dont une (banque BAC Cabernet Sauvignon) a été choisie par le consortium international qui coordonne les recherches en génomique vigne (International Grape Genome Program). Un financement Génoplante va nous permettre d'ancrer 1 500 gènes et marqueurs sur les fragments contenus dans cette banque : marqueurs microsatellites déjà localisés sur la carte de référence et ESTs. Par ailleurs, nous disposons d'un financement INRA pour séquencer les extrémités d'une partie de ces fragments en collaboration avec le Génoscope. Ces deux actions contribuerons à l'établissement de cette carte physique du génome de la vigne.

L'objectif est d'arriver à la situation où dans la région d'un QTL qui nous semble particulièrement intéressant, nous aurions identifié un ensemble ordonné de grands fragments d'ADN (*contig* de BAC) qui couvrirait à peu près la région. Ainsi, en plus des quelques gènes candidats génétiquement cartographiés dans la région, on aurait accès à ceux qui auraient été physiquement cartographiés sur le *contig* (*a priori* plus nombreux). Les connaissances acquises sur ces gènes chez les espèces modèles ainsi que des données acquises sur la vigne permettraient alors de sélectionner ceux qui sont susceptibles d'expliquer la variation du caractère. Restera alors à **valider le rôle de ces gènes** candidats. Traditionnellement, cela est réalisé par des techniques de cartographie fine suivie de transformation génétique. Or cette approche est très lente à donner des résultats chez la vigne, toujours à cause des mêmes contraintes biologiques. Un nouveau tri pourrait être réalisé par des études de **déséquilibre de liaison** dans les collections de ressources génétiques. Au passage, des marqueurs de type SNP, plus facilement automatisables dans des programmes de sélection assistée par marqueurs, pourraient être développés à partir de ces études.



En guise de **conclusion**, je voulais reposer la question de l'intérêt des études de génomique chez les plantes cultivées. J'espère vous avoir convaincus que ces études sont effectivement très intéressantes pour répondre aux questions propres à chaque espèce, mais aussi pour accélérer les aller et retour entre espèces modèles et espèces cultivées. Dans le cas des espèces pérennes, une des questions qui nous reste à approfondir est celle des études post-transcriptome chez une espèce pérenne : Quels objectifs ? Quel débit ? Quelles méthodes ?Enfin, je voudrais également insister sur le fait que les approches génomiques nécessitent de pouvoir travailler à haut débit avec une plate-forme robotisée et des moyens pour la faire fonctionner. Il faut alors s'assurer de la valorisation des résultats et des ressources produites par des réseaux pluri-disciplinaires nationaux et internationaux et pour cela, la diffusion de l'information est importante (bases de données accessibles par différentes communautés). Ce dernier point met également en évidence les problèmes de propriété intellectuelle qui vont alors être soulevés et auxquels les biologistes sont de plus en plus confrontés.

Bibliographie

Adam-Blondon A.F., Lahogue-Esnault F., Bouquet A., Boursiquot J.M., This P. (2001) Assessment of the usefulness of two SCAR markers for marker-assisted selection of seedless grapevine cultivars. *Vitis*, 40 : 147-155.

Doligez A., Bouquet A., Danglot Y., Lahogue F., Riaz S., Meredith C., Edwards K., This P. (2002) Genetic mapping of grapevine (*Vitis vinifera* L.) applied to the detection of QTLs for seedlessness and berry weight, *Theor. Appl. Genet*.

Donald T., Pellerone F., Adam-Blondon A.F., Bouquet A., Thomas M., Dry I. (2002) Identification of Resistance Gene Analogs linked to a powdery mildew resistance locus in grapevine, *Theor. Appl. Genet*., 104, 610-618

Pauquet J., Bouquet A., This P., Adam-Blondon, A.F. (2001) Establishment of a local map of AFLP markers around the powdery mildew resistance gene Run1 in grapevine and assessment of their usefulness for Marker Assisted Selection, *Theor. Appl. Genet*., 103 : 1201-1210

Terrier N., Abbal P., Ageorges A., Romieu C. (2001) Generation of ESTs from grape berry at various developmental stages. *J. Plant Physiol*., 158: 1575-1583

This P., Roux C., Parra P., Siret R., Bourse T., Adam A.F., Yvon M., Lacombe T., David J., Boursiquot J.M. (2001) Characterisation of genetic diversity in a population of wild grapes from Pic Saint-Loup area and its relationship with the cultivated grapes. *Genetics Selection Evolution*, GSE, 33 sup1 : S289

Du maïs hybride aux OGM :
Un demi-siècle de génétique et d'amélioration des plantes à l'INRA

Christophe Bonneuil et **Frédéric Thomas**

Centre Koyré d'Histoire des Sciences et des Techniques
MNHN - 57 rue Cuvier - 75231 Paris cedex 05
christophe.bonneuil@wanadoo.fr

C. Bonneuil est chargé de recherche en histoire des sciences au CNRS. Après avoir étudié l'histoire de la recherche agronomique tropicale dans l'empire français, ses recherches portent sur l'histoire des sciences agronomiques au XXe siècle, sur l'histoire des biotechnologies et des transformations de la biologie dans les dernières décennies. En collaboration avec des sociologues de l'INRA, il analyse également le mouvement en cours de "désenclavement" des institutions scientifiques en retraçant, dans le cas de la controverse sur les OGM, les interactions entre espace public, arène de l'expertise et champ scientifique.

*Cette présentation synthétise les grandes lignes du rapport (*La génétique et l'amélioration des plantes à l'INRA : une histoire en contexte*, décembre 2002) d'une recherche réalisée par le centre Koyré d'histoire des sciences à la demande de la direction de l'INRA, dans le cadre de la préparation du colloque de Montpellier. Cette recherche, étalée sur 6 mois, a été menée avec un post-doctorant, Frédéric Thomas, et un stagiaire, Michel Funfschilling. Malgré les accidents de conservation et l'absence de versement des archives institutionnelles de l'INRA aux Archives Nationales, nous avons pu nous appuyer sur les papiers de Jacques Poly, déposés par sa famille aux Archives Nationale, ceux de Jean Marrou conservés par sa famille, recueillir une partie des conseils scientifiques et des rapports du département Génétique et Amélioration des Plantes GAP). Nous avons aussi dépouillé les archives pertinentes du Ministère de l'Agriculture depuis 1946. Outre ces archives lacunaires et les articles et ouvrages publiés, nous avons interviewé une quinzaine de protagonistes passés et actuels de la génétique et l'amélioration des plantes. Cette recherche se poursuit et conduira à la publication, en 2004, d'un ouvrage aux Editions INRA.*

Il est difficile à qui n'est pas de la Maison de parler d'une histoire que plusieurs d'entre vous ici dans cette salle ont fabriquée, dont vous pourriez parler avec beaucoup plus de passion et de précision que nous. Mais puisque l'INRA souhaitait ce regard extérieur d'historiens, risquons-nous !

Notre recherche sur l'histoire de la génétique et l'amélioration des plantes à l'INRA s'efforce de prendre en compte les dynamiques et les transformations conjointes de plusieurs univers :
- l'évolution des techniques et des savoirs scientifiques,
- les jeux d'acteurs au sein du département de l'amélioration des plantes et de l'INRA en général,
- les évolutions du monde agricole et des politiques agricoles qui permettent d'éclairer les rapports de l'INRA à sa tutelle et au monde professionnel,
- les transformations économiques, notamment dans le secteur semencier,
- et enfin, plus généralement, la place de l'agriculture et de la recherche dans la société française et dans l'espace public.

Chacun de ces univers a son degré d'autonomie, sa temporalité et sa dynamique propre. Le temps des trajectoires intellectuelles de recherche n'est pas le temps des cabinets ministériels ni celui du débat public ! Mais le métier d'historien – et notre pari ici – est d'essayer de saisir les points d'articulation entre ces différents univers et d'essayer de voir, en certains lieux ou moments clés, les mouvements réciproques qu'ils peuvent s'imprimer.

Nous mettrons aujourd'hui l'accent sur quatre grandes périodes et sur un moment de rupture fort qui est le tournant de 1978-1980 vers les biotechnologies. Au long de ce chemin, nous soulignerons différents modes de négociation et de polarisation de l'innovation et de la recherche en génétique et amélioration des plantes.

1. De 1945 aux années soixante : des variétés pour redresser la "ferme France"

Ce sont les deux décennies fondatrices du couple INRA - "ferme France". Elles s'ouvrent avec la création de l'INRA en 1946. La France a faim, la France est rationnée. La question agricole et alimentaire est essentielle. Elle vient en bonne place dans le plan Monnet et les promoteurs de la création de l'INRA au sein du ministère de l'Agriculture, les rapporteurs de la loi, ont dans ce contexte refusé de rattacher la recherche agronomique au CNRS. En effet, on demande une recherche finalisée pour résoudre les problèmes de production et de reconstruction de l'agriculture nationale et il n'est pas question de s'en remettre à des biologistes de l'université ![1]

L'amélioration des plantes, secteur le moins 'sous-développé' de la recherche agronomique de l'entre-deux-guerres, bénéficie d'une infrastructure non négligeable. Ce domaine devient alors le fer de lance et la colonne vertébrale du jeune INRA : il compte pour un tiers des effectifs chercheurs en 1946 (à comparer avec 8% seulement aujourd'hui) et fournira les directeurs de l'Institut jusqu'au début des années 1960. L'amélioration des plantes est en outre d'autant plus centrale pour la genèse de l'INRA qu'elle incarne – par son réseau de stations – une recherche finalisée, se voulant en prise directe avec un aval agricole, et matérialise la revendication d'autonomie de la recherche agronomique vis-à-vis du CNRS et de l'Enseignement supérieur. Dans cette perspective de recherche finalisée qui préside à la création de l'INRA, il s'agit de remettre très vite entre les mains des agriculteurs des variétés incorporant les derniers progrès de la science. La solution du problème alimentaire, la modernisation et régulation d'un secteur de la production nationale et la construction d'une recherche solide vont de pair sous l'égide d'un Etat planificateur et entrepreneur de science. On retrouve ici le mode colbertiste de production et de polarisation des recherches, caractéristique de bien des dynamiques technico-scientifiques françaises pendant les Trente Glorieuses[2].

Dans ce mode, le chercheur public est simultanément à la manœuvre dans plusieurs espaces : dans la recherche, dans la définition des politiques scientifiques, dans l'organisation d'une branche professionnelle, dans l'élaboration des politiques ministérielles, et dans l'évaluation et la réglementation des innovations. C'est le cas de Jean Bustarret [3], chercheur en amélioration des plantes, qui crée la variété de pomme de terre BF 15 (inscrite au catalogue en 1947) et définit le concept de variété dans un article majeur de 1944. Bustarret est rapporteur de la loi de création de l'INRA en 1946 devant le Conseil d'Etat et y joue un rôle dirigeant, d'abord comme inspecteur général (1949-1964) puis comme directeur général (1964-72). A l'heure de la loi d'orientation agricole et de l'entrée dans la Politique Agricole Commune, Bustarret conseille les ministres successifs de l'agriculture, et joue un rôle moteur dans la réglementation des innovations variétales et la standardisation des techniques au Comité Technique Permanent de la Sélection (CTPS)[4] qu'il préside de 1961 à 1976. Il est enfin le père fondateur d'un régime international de propriété intellectuelle des inventions variétales, le "Droit d'Obtention Végétale", adopté à la Conférence de Paris en 1961.

Une telle trajectoire illustre à quel point explorer de nouveau horizons scientifiques, construire un INRA puissant, servir l'Etat, construire l'agriculture nationale, créer les cadres d'un développement profitable du secteur semencier privé sont alors une seule et même mission dans le cadre du contrat social qui lie la science, l'agriculture, l'Etat et la société pendant les 30 glorieuses.

Quelles sont les recherches menées au cours de cette période ? On peut sommairement dégager trois ou quatre voies principales. La première pour les plantes autogames, stabilisée en France depuis la réception des travaux de Mendel, est la sélection généalogique. Pour les plantes allogames, après les

[1] Sur la création de l'INRA et des autres organismes scientifiques au lendemain de la guerre, et sur les diverses approches en présence, voir Jean Cranney, *INRA 50 ans d'un organisme de recherche*, Paris, INRA, 1996 et Jean-François Picard, *La République des Savants. La recherche française et le CNRS*, Paris, Flammarion, 1990.

[2] Franck Aggeri et Armand Hatchuel, "Ordres socio-économiques et polarisation de la recherche. Pour une critique des rapports science-société", *Sociologie du travail*, 45 (2003), 113-133 ; Dominique Pestre, *Science argent et politique, un essai d'interprétation*, Paris, INRA Editions, 2003.

[3] Dans le domaine animal et pour la génération suivante, Jacques Poly, généticien et auteur de la loi sur l'élevage, illustre une trajectoire équivalente à celle de Bustarret.

[4] Le CTPS, créé en 1942, est l'organe officiel comprenant agriculteurs et entreprises semencières qui régit l'inscription des variétés au catalogue officiel.

succès sur le maïs, on privilégie la voie hybride. Troisièmement, se développe dans les années 50, autour de Jean Rebischung, tout un travail de génétique quantitative sur les plantes fourragères. Enfin, la cytogénétique émerge, avec ses applications à l'usage des croisements interspécifiques pour introgresser un trait d'une espèce sauvage.[5]

Dans chacune de ces voies, il y a volonté de faire science. Il s'agit, pour reprendre l'expression de Robert Mayer, de faire un peu moins de sélection et un peu plus de génétique. Même la voie d'amélioration par sélection généalogique, qui remonte aux Vilmorin à la fin du XIXe siècle, est alors reconsidérée. Il ne s'agit seulement plus de produire des croisements un peu aléatoires pour fixer ensuite quelques spécimens remarquables en lignées par sélection généalogique. Il s'agit à présent d'utiliser les croisements pour recombiner de façon planifiée des caractéristiques exprimées dans plusieurs variétés, notamment en utilisant le rétrocroisement (cette approche sera par exemple mise en œuvre dans la variété de colza "Primor", qui comprend le trait "faible taux en acide érucique" introgressé à partir d'une variété de printemps canadienne).

Quels sont les critères de sélection qui dominent au cours de cette période ? Outre le rendement, les résistances aux maladies et la résistance au froid pour les variétés d'hiver, il s'agit, dans une certaine conception de la modernisation agricole, de sélectionner des plantes qui vont s'intégrer dans les combinaisons techniques proposées à l'époque. On élabore ainsi des variétés :
- stables et distinctes pour se prêter à des contrôles anti-fraudes et à un régime de propriété intellectuelle,
- homogènes pour se prêter à la mécanisation,
- qui puissent bien valoriser les intrants (engrais et pesticides). Ainsi par exemple, des travaux sur le nanisme des céréales pour valoriser les intrants azotés.

Les premiers succès ne se font pas attendre : le blé "Etoile de Choisy" en 1950, le maïs hybride "INRA 258", la variété de Colza "Sarepta", qui est déposée en 1960. Les variétés INRA vont alors dominer, pour longtemps, et le catalogue français des variétés et les marchés français (voire européen) des semences, le Département GAP (Génétique et Amélioration des Plantes) n'hésitant pas dans cette période à se positionner clairement comme obtenteur de variétés. Pourquoi un organisme de recherche met-il sur le marché des variétés ? Il s'agit d'une part, pour cette jeune génération de chercheurs d'alors, dont André Cauderon faisait partie, de montrer concrètement le bien-fondé des méthodes de sélection de l'Institut à des obtenteurs privés qui ne les prenaient pas toujours au sérieux au sortir de la guerre. Il s'agit aussi, dans des secteurs où l'industrie semencière est soit absence, soit peu novatrice, de bousculer cette industrie semencière privée, de la pousser à l'innovation (dès les années 1950, l'INRA a en effet comblé le retard de la recherche publique sur la recherche privée et prend souvent les devants). Souvenons-nous aussi que les nouvelles élites politiques et scientifiques de l'après-guerre voient dans la frilosité des chefs d'entreprise de l'entre-deux-guerres une cause majeure du retard économique français en 1940 et donc de la défaite militaire. Des gaullistes aux communistes, ils estiment que c'est donc désormais l'Etat, habité par l'intérêt national et éclairé par la science, qui doit conduire la modernisation industrielle et agricole du pays, à travers la planification voire la nationalisation (sociétés ferroviaires, énergie, production automobile, etc.)[6]. C'est dans ce contexte global que l'on peut comprendre l'implication résolue du Département GAP dans la création variétale : puisque l'objectif est le relèvement de la production agricole nationale et que la cible est l'agriculteur, peu importe que l'opérateur semencier soit public ou privé ! Ce qui compte est que l'agriculteur ait au plus vite de bonnes semences.

Tendu vers ces objectifs, le Département se trouve dans une interface très forte avec le monde de la production. Il participe à l'organisation de la production, à la création d'associations de multiplicateurs de semences. Ses chercheurs aident les coopératives agricoles à devenir des obtenteurs (Limagrain, UNCAC, Coop. de Pau, etc.). C'est une époque où les relations entre les chercheurs de l'INRA et les agriculteurs sont étroites et relativement directes. D'autant plus qu'une nouvelle génération

[5] Voir aussi les premiers travaux sur le triticale : Yvonne et André Cauderon, "Le triticale : première céréale créée par l'homme", *Natures, Sciences, Sociétés*, 1993, 1 (2), 102-107 ; Yvonne Cauderon et Françoise Dosba, "Pour la création de nouvelles espèces cultivées : les croisements interspécifiques", Cultivar, 1977, 97, 21-23.
[6] Richard F. Kuisel, *Le capitalisme et l'État en France. Modernisation et dirigisme au XXe siècle*, Paris, Gallimard, 1984.

d'agriculteurs moderniste émerge, formée dans des mouvements réformateurs, notamment dans le militantisme chrétien à la Jeunesse Agricole Catholique. Ils créent des coopératives de matériel, des coopératives de vente, se regroupent à quinze ou vingt pour parler technique dans des centres d'expérimentation en technique agricole, les CETA[7]. C'est là une génération d'agriculteurs avides des solutions techniques proposées par l'INRA, qui va redéfinir l'identité paysanne non plus comme l'attachement à un terroir mais comme une profession technique, avec ses critères de compétence[8].

2. Les années 1960 et 1970 : deux décennies charnières

Les années 1960 et 1970 constitue une période charnière, d'expansion mais aussi de doute. Dans le monde agricole, la génération moderniste accède au pouvoir dans la profession. C'est la "génération Debatisse" qui prend d'abord le contrôle du CNJA, puis de la FNSEA, dans les années 60. Le gaullisme en fait son alliée pour moderniser l'agriculture, pour entrer dans la PAC avec la meilleure productivité, pour libérer de la main d'œuvre qui va grossir les villes, les services et les industries. En échange de cette implication de la profession agricole dans ce projet de modernisation agricole (Loi d'orientation agricole, SAFER, etc.), la profession et ces leaders syndicaux vont obtenir la mise en place d'une cogestion institutionnalisée. Cette dernière s'accompagne de la démultiplication des organismes, syndicats, associations, instituts techniques visant à encadrer l'exploitant agricole. L'INRA qui avait tenu ce rôle dans l'immédiat après-guerre perd une partie du contact direct qu'il pouvait encore avoir avec les agriculteurs ; le décret du 11 avril 1959 remettant la vulgarisation agricole à la profession, via les Chambres d'agriculture, le prive d'ailleurs clairement de cette mission. Dans le même temps, ces représentants de la profession vont jouer un rôle important dans l'orientation de la recherche agronomique. On le voit par exemple avec l'arrivée en 1972 de Louis Perrin à la présidence du conseil d'administration de l'INRA et de Michel Proffit à la présidence du conseil supérieur de la recherche agronomique.

L'aval de l'INRA connaît aussi une autre transformation. Les petites coopératives agricoles des premiers temps deviennent de véritables entreprises, à l'exemple de Limagrain, de l'UNCAC, de l'UGCAC qui, à côté des maisons traditionnelles du Nord et du bassin parisien (Vilmorin-Andrieux, Benoist, Desprez, Bataille, Blondeau…) investissent fortement dans le secteur semencier. La station de Versailles assure notamment la formation des cadres de ces industries et le Département GAP se donne pour mission de transférer généreusement techniques, matériels et lignées. Les coopératives et sociétés semencières acquièrent peu à peu un rôle clé dans la gouvernance de l'innovation semencière : au CTPS, elles contribuent, pas forcément de façon directive, mais par une communauté de culture, à la définition du "progrès génétique" qui régit les choix d'inscription ou non des variétés au catalogue officiel des variétés, et par suite aux orientations de l'amélioration des plantes. Le ministère en déléguant en 1962 au Groupement National Interprofessionnel des Semences (GNIS), les missions officielles de certification (rendue obligatoire cette même année) et du contrôle des semences, renforce cette cogestion de l'innovation variétale entre public et privé. Dans ce cadre favorable, le secteur semencier privé prend son envol. Dès lors, il supporte de plus en plus mal la présence de variétés INRA sur le marché.

Vers la fin de la période, les semenciers obtiennent progressivement une division du travail : l'INRA se retire peu à peu des marchés rémunérateurs pour se repositionner vers les semences de cultures moins profitables et vers la recherche d'amont, malgré les réticences de certains dirigeants du Département GAP attachés à une conception du service public de recherche dont nous avons décrit l'affirmation dans les 15 premières années de l'INRA. La création d'Agri Obtention en 1983 reflète la recherche d'un nouvel équilibre, mais il est clair que le curseur s'est massivement déplacé tant l'abandon par l'INRA de l'obtention variétale sur les espèces les plus profitables est patent. Sur les

[7] Voir, entre autres témoignages sur le mouvement de création des CETA, celui d'André Pochon : André Pochon, *Les sillons de la colère, la malbouffe n'est pas une fatalité*, Paris, La Découverte, 2002.

[8] Pierre Muller, "La politique agricole française, l'Etat et les organisations professionnelles", *Economie Rurale*, 255-256, Janvier-avril 2000, 33-39 ; Michel Gervais, Marc Jollivet, Yves Tavernier, *La fin de la France paysanne de 1914 à nos jours*, tome IV de : Duby Georges, Wallon Armand (dir), *Histoire de la France Rurale.* Paris, Seuil, 1976.

semences de maïs, par exemple, les variétés INRA passe de 78% du marché en 1970 à 2,5% dix ans plus tard, abandonnant le terrain à Limagrain, mais aussi et surtout à l'américain Pioneer[9].

L'évolution des relations de l'INRA avec son ministère de tutelle, le ministère de l'Agriculture, constitue enfin une troisième source de changement au cours de cette période. La période des pionniers évoquée par A. Cauderon, des chercheurs libres d'explorer dans de vastes champs dans le modèle colbertiste, s'achève[10]. Après l'apogée de 1958-1965, le temps du soutien gouvernemental massif à la recherche, agronomique en particulier, s'éloigne. Le ministère entend plier l'INRA aux demandes des représentants de la profession, de l'industrie semencière, et de l'industrie agro-alimentaire, secteur en forte croissance et grande priorité gouvernementale des années 1970. Dans les années 1970, sur un fond de stagnation des budgets de la recherche en France en général et à l'INRA en particulier, l'incompréhension entre l'INRA et sa tutelle tourne à la crise : volonté de reprise en main avec un audit qui est diligenté par le ministère en 1978 – l'audit Pélissier –, tentative en 78-79 de transformer l'INRA en établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC). C'est une période mouvementée de l'INRA avec des mobilisations syndicales qui parviennent difficilement à contenir des pressions très utilitaristes sur l'INRA, au détriment de sa mission de recherche.

Nous avons caractérisé la première période par un modèle colbertiste de polarisation de la recherche, qui fonctionnait sur des logiques de mobilisation autour de valeurs communes entre décideurs, chercheurs et agriculteurs, et où la recherche agronomique et les créations variétales publiques s'imposaient à tous en ce qu'elles semblaient naturellement transcender les intérêts particuliers au nom du grand objectif qu'était la reconstruction de l'indépendance nationale. Par contraste, il semble bien que dans les décennies 1960 et 1970, ce mode colbertiste soit doublé de deux autres modes de polarisation : l'un de type "néo-corporatif"[11] dans un contexte d'institutionnalisation de la cogestion, et l'autre de type "marchand" exigeant de la recherche des innovations pour les industries agro-alimentaires et semencières.

Quelles sont les tendances, les avancées et les priorités de recherche en Génétique et Amélioration des Plantes à l'INRA dans cette période et sous l'influence de ces deux nouveaux modes de polarisation ? Une première tendance générale, est, après les succès chez le maïs, un engagement de l'INRA dans des stratégies d'amélioration par la voie hybride pour toute une série d'espèces (y compris autogames) : betterave, blé, colza, tournesol, féverole, carotte, oignon, tomate, aubergine, piments, haricot, chou, etc.[12]. Cette priorité affirmée dès les années 1960 va non seulement cadrer l'amélioration et la création variétale, mais aussi polariser des recherches plus en amont, en génétique quantitative (avec la question de la prédiction de l'aptitude à la recombinaison), en cytogénétique et en biologie cellulaire (maîtrise de la stérilité mâle cytoplasmique).

Le mouvement vers l'amont de la sélection ne se limite d'ailleurs pas à la stratégie hybride. C'est bien une deuxième tendance de la période que d'aller chercher vers la physiologie et vers la phytopathologie de nouveaux leviers pour poursuivre un progrès génétique qui commence un peu à se ralentir (du moins chez certaines espèces comme le maïs)[13]. Ce mouvement, encore limité, vers des recherches plus fondamentales à l'INRA va favoriser le développement de la physiologie végétale et le développement des vitro méthodes, notamment au laboratoire de Georges Morel à Versailles.

---

[9] Pierre-Benoît Joly et Chantal Ducos, *Les artifices du vivant, stratégie d'innovation dans l'industrie des semences*, Paris, INRA - Economica, 1993, p. 189.

[10] *Cf.* la présentation d'André Cauderon à ce colloque.

[11] Voir sur cette notion Franck Aggeri et Armand Hatchuel, "Ordres socio-économiques et polarisation de la recherche. Pour une critique des rapports science-société", op. cit.

[12] André Cauderon affirme ainsi que "*Les sélectionneurs porteront à ce type de variété [hybrides] d'autant plus d'intérêt que l'agriculteur est pratiquement hors d'état de les multiplier par lui-même*". André Cauderon, "Espèces, variétés et semences dans l'évolution de la production végétales en France 1789-1989", in *Deux siècles de progrès pour l'agriculture et l'alimentation 1789-1989*, Académie d'Agriculture de France, 1990, p. 149.

[13] Ainsi, physiologie végétale et pathologie végétale, réunissant moitié moins de chercheurs que l'amélioration des plantes en 1951, en comptent 19% de plus en 1980 (Cranney, *op. cit.*, 1996, pp. 475-477).

3. Les années quatre-vingt : le pari des biotechnologies

La troisième grande période s'ouvre par l'irruption des biotechnologies.

L'irruption du génie génétique

Aux Etats-Unis

1972 Découverte puis utilisation des enzymes de restriction.
1974 Premier gène de vertébré (Zénope) transféré et exprimé dans la bactérie *Escherichia coli*.
1975 Conférence d'Asilomar.
Premières start up (Cetus, 1975, S. Cohen ; Genentech, 1976, H. Boyer).
1978 Genentech obtient la synthèse d'insuline humaine par *E. coli* (puis l'hormone de croissance humaine en 1979).
1982 Mise sur le marché d'insuline humaine produite par des bactéries, produit du génie génétique.
1983 Première plante transgénique (Mary-Dell Chilton et al., Jeff Schell et Marc Van Montagu).
1985 Premiers essais au champ de PGM.

Initiatives en France

1974 P. Kourilsky, A. Rambach et P. Tiollais s'engagent dans les expériences de recombinaisons génétique.
1976 Action concertée DGRST "recombinaisons génétiques".
1979 Rapport Gros, Jacob et Royer.
GIE "Génie génétique" (Institut Pasteur, INRA, INSERM).
1980 Création d'un secteur biotechnologie à la DGRST.
1982 Programme mobilisateur "Biotechnologies".
1987 Premier essai au champ de PGM par l'INRA.

Comment les biotechnologies végétales advinrent-elles à l'INRA ? L'hypothèse d'une simple diffusion vers la France des travaux californiens sur l'ADN recombinant est insuffisante pour expliquer comment une évolution scientifique internationale peut s'incarner dans une institution. Il y faut en outre un certain nombre de vecteurs, et que des choix forts soient opérés. Pourquoi le directeur Jacques Poly fait-il ce pari des biotechnologies vers 1978-1980 ? Autant qu'un scientifique au jugement sûr, Poly est aussi et surtout un capitaine d'organisme, un stratège institutionnel. Aussi doit-on comprendre son pari "biotech" comme une stratégie de sortie de la crise que traverse l'INRA dans les années 1972-1980.

Jacques Poly et les biotechnologies, selon les souvenirs d'André Berkaloff

"Dès 1976, je dînais souvent avec lui (…) il avait parfaitement compris que l'ère de la recherche agronomique tournée vers le paysan était terminée (…)
Dans l'esprit de Poly les biotechnologies c'était la mode, synonyme de fric, de contrats… Il voulait y aller à fond. Il voulait créer un département. Je le modérais en disant 'la mode passera, ce n'est qu'un outil' (…)
Il fallait surmonter l'opposition des agronomes (…) Je lui ai conseillé de recruter hors des écoles d'agro, plutôt des normaliens ou universitaires"

Entretien avec A. Berkaloff, 19 sept. 2002

Le témoignage (ci-contre) d'André Berkaloff, qui fut le conseiller scientifique de Poly sur les biotechnologies, éclaire la première facette de cette stratégie : il s'agit de miser sur les biotechnologies, de jouer sur les nouvelles tendances prometteuses de la "grande science", pour se dégager des pressions utilitaristes du ministère de l'Agriculture et tisser des alliances avec la DGRST (l'ancêtre du ministère de la Recherche), avec l'Institut Pasteur (un GIE "Génie génétique" est créé en 1979 entre l'Institut Pasteur, l'INRA et l'INSERM). Cette stratégie est couronnée de succès lorsque l'INRA passe sous une cotutelle avec le ministère de la Recherche (nouveau décret de 1980) et que ce ministère lance un grand programme mobilisateur sur les biotechnologies (1982) dont l'INRA sera une pièce maîtresse.

Le pari biotechnologique de Poly peut donc se lire comme un repositionnement plus académique de l'INRA – qui sera poursuivi par Guy Paillotin dans les années 1980, face aux pressions d'un ministère de tutelle désireux, lui, d'une polarisation nettement industrielle et marchande de la recherche.

Mais la crise de l'INRA dans les années 1970 ne se limite pas à cet aspect. L'Institut est interpellé et s'interroge plus profondément sur les limites économiques, sociales et écologiques du modèle agricole des Trente Glorieuses. L'INRA a-t-il achevé la mission que lui avait assignée ses fondateurs ? Quelle doit être la finalité de la recherche quand l'agriculture française a rempli et dépassé ses objectifs de production, que la sur-production est là, tandis que la crise économique pose en des termes nouveaux la question de l'emploi rural et de l'endettement paysan, que le choc pétrolier questionne une agriculture intensive à faible rendement énergétique (une calorie d'énergie fossile permet de produire 3,7 calories de maïs en 1945, contre seulement 2,82 en 1970 du fait des intrants et de la mécanisation) ?[14] Alors que le mouvement écologiste et l'agriculture biologique prennent leur essor, les dirigeants de l'INRA s'interrogent eux aussi sur le modèle intensif. C'est le cas de Raymond Février, directeur en 1976 et 1978, comme de Jacques Poly, qui écrit en 1978 un rapport qui fait date : "Pour une agriculture économe et autonome"[15]. Il existe cependant un certain antagonisme entre ces deux objectifs : celui de l'économie (en intrants fossiles notamment) et celui de l'autonomie qui consiste pour Poly non seulement à combler le déficit en protéines végéta-les (on est peu après l'embargo Nixon), mais aussi à confirmer la vocation exportatrice de l'agriculture française et à prôner un développement massif de la production porcine. Pour masquer ou résoudre cette contradiction, Poly compte sur les biotechnologies, sur la rupture technique.

La "valeur ajoutée biologique" comme réponse à la crise

"... la nécessité d'un nouveau modèle de développement agricole et d'une économie des facteurs de production s'est faite jour. Mais quel peut être ce nouveau modèle de production et comment concilier à la fois une agriculture plus économe en facteurs de production industriels et une agriculture plus productive pour la satisfaction de nos besoins internes et l'équilibre de notre balance extérieure ?
Le rapport "Sciences de la vie et société" [il s'agit du rapport Gros, Jacob et Royer, 1979] permet de répondre à cette question et de lever cette contradiction ; il esquisse la profonde mutation technologique que connaîtra l'agriculture au cours des prochaines décennies."

"Les applications des sciences de la vie", *Le Progrès Scientifique,* n°204 (janvier-février 1980), 3-17, p. 9.

"La révolution biologique permet d'organiser la transition vers l'agriculture de demain plus productive, plus économe, plus soucieuse des exigences de la société, qui ne peut être qu'une agriculture à valeur ajoutée biologique optimale."

CAC 86 0598/5, Fonds du cabinet du ministère de l'agriculture. *Programmation de la recherche, plan décennal du 2 juillet 1979*, p.15.

La perspective de Poly s'inscrit dans un courant d'idées plus large qui associe, dans les années qui suivent le choc pétrolier et le rapport du Club de Rome[16], préoccupation pour l'environnement et utopie technicienne (*cf.* ci-dessus sur la "valeur ajoutée biologique"). Le leitmotiv du "pétrole vert" et le rêve d'obtenir par génie génétique des céréales fixatrices d'azote atmosphérique (par transfert des gènes "NIF"), en sont des illustrations. Cette perspective est portée par un certain nombre de biologistes, d'industriels, de politiques, tels ceux qui se rassemblent dans le "Groupe des dix" (dont Joël de Rosnay et Jacques Robin, futur fondateur de le revue *Biofutur*, font partie)[17] et qui font une analyse de la crise pétrolière et économique tout à fait intéressante. Pour eux, la crise marque le déclin d'une économie et d'une société basées sur la chimie et la mécanique, et il faut à présent investir sur l'information et les biotechnologies, mettre au service de l'homme les capacités productives des micro-systèmes vivants. Prend alors corps l'utopie d'une modernisation économique, écologique et sociétale centrée sur une solution technique, le génie génétique, supposée résoudre l'équation entre croissance et environnement.

[14] François Ramade, "Crise de l'énergie, ressources naturelle et production alimentaire", *Economie Rurale*, n° 124 (1978), p. 30-38.
[15] Jacques Poly, *Pour une agriculture plus économe et plus autonome*, Brochure INRA, juillet 1978, 65 p.
[16] Donella H. Meadows, Dennis L . Meadows, J. Randers et W.W. Behrens III, *Halte a la croissance ?*, Paris, Fayard, 1974.
[17] Voir notamment François Gros, François Jacob et Pierre Royer, *Sciences de la vie et société. Rapport présenté au président de la République*, Paris, La Documentation Française, 1979 ; Brigitte Chamak, *Le groupe des dix*, Paris, Ed. du Rocher, 1997.

Après avoir un temps caressé l'idée d'un nouveau département des biotechnologies, c'est en soutenant fortement la création du laboratoire de biologie cellulaire et moléculaire de Versailles que Poly engage sa politique volontariste de conversion de l'INRA aux biotechnologies végétales. Nous sommes en 1980, c'est-à-dire trois ans avant l'obtention en laboratoire et 14 ans avant la première mise sur le marché d'une plante transgénique aux Etats-Unis. Bien des rêves d'alors, tels les plantes fixatrices d'azote, sont encore aujourd'hui loin d'avoir abouti. Le génie génétique est donc en 1980 un pari. Il est loin d'avoir fait la preuve de la révolution que ses zélateurs promettent à l'amélioration des plantes. La foi de Poly n'est alors guère partagée par les responsables du Département GAP, qui entendent résister à cette "mode" du génie génétique dont ils n'attendent pas d'applications proches. Ils déploient une stratégie sémantique, refusant de donner au génie génétique le statut d'une rupture technologique majeure, et consistant à faire entrer les "biotechnologies" dans un ensemble de techniques englobant les vitro méthodes et la génétique quantitative, à la jonction entre l'école d'Yves Demarly à Orsay (vitro méthodes) et la théorie de la sélection développée par André Gallais. Max Rives, chef du Département GAP au tournant des années 1980, estime en effet que pour être utile à l'amélioration des plantes, les biotechnologies doivent s'intégrer dans une stratégie plus large, être "digérées" par les formules mathématiques de la théorie de la sélection[18].

Aussi Max Rives développe-t-il plusieurs critiques envers le génie génétique, ses promesses sur la faim dans le monde, et les limites du travail sur des caractères monogéniques (faible intérêt agronomique, contournement des résistances). Pour lui, le sélectionneur travaille sur la complexité, sur des caractères complexes, et il souligne le coût métabolique probablement énorme d'une éventuelle fixation d'azote sur les céréales[19]. Dans la résistance du département GAP au génie génétique, les sélectionneurs soulèvent donc des questions fortes qui seront à nouveau posées une quinzaine d'années plus tard à la faveur du débat sur les OGM.

Il est évident qu'en arrière plan de ces tensions autour de l'intégration du génie génétique au sein du Département GAP, l'enjeu est la crainte du déplacement du cœur de métier de l'amélioration des plantes, de la perte de compétence du sélectionneur. Les "apprentis sorciers" (le terme est de Max Rives) du génie génétique entendent solutionner tous les problèmes à la place du sélectionneur, d'où la crainte d'une spécialisation excessive entre les maillons de l'amélioration et la peur d'une prise du pouvoir du laboratoire sur l'agronome, qui n'occuperait plus la position centrale d'intégration entre l'amont et l'aval, entre le laboratoire et les besoins de l'agriculteur.

Mais Poly, homme énergique, n'a que faire de ces oppositions au sein du Département GAP. Il en contourne les responsables en gérant directement un certain nombre de choses, en soutenant quelques jeunes chercheurs convertis à la biologie cellulaire et moléculaire, tels G. Pelletier, A. Bervillé ou A. Deshayes du département GAP, ainsi que J.P. Bourgin, Y. Chupeau et M. Caboche du Département "Physiologie Végétale". A partir du noyau du laboratoire de Versailles, de nombreux recrutements de biologistes moléculaires sont effectués dans les années 1980 dans le secteur des productions végétales (*cf.* graphiques ci-dessous[20]).

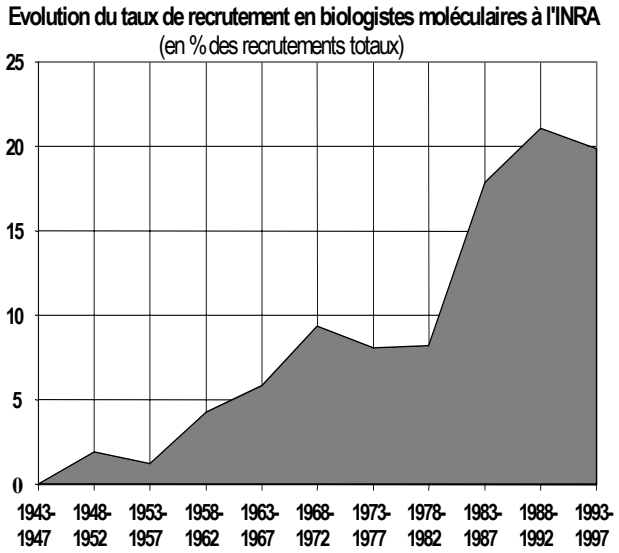
Au-delà du noyau de Versailles, la direction de l'INRA soutiendra ensuite un nombre croissant d'équipes du Département GAP, telles celles du Moulon et de Clermont, pour l'acquisition des compétences en biologie moléculaire (biotechnologie, sélection assistée par marqueurs, etc.). A la fin des années 1980, la nécessité d'acquérir les compétences dans cette discipline n'est plus contestée dans le département et toutes les stations d'amélioration des plantes demandent des biologistes moléculaires, amenant alors la direction à faire des choix pour éviter la dispersion. Avec le recul, on peut observer aujourd'hui que les biotechnologies (sélection assistée par marqueurs, vitro méthodes, transgenèse) n'ont pas autant révolutionné le métier de sélectionneur que certains ne le rêvaient ou le craignaient vers 1980. Elle a étendu la palette des outils disponibles, mais, même dans le cas des

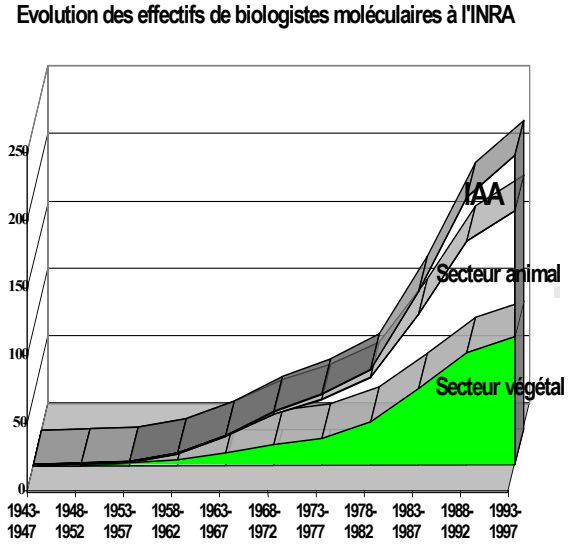
[18] Centre des Archives Contemporaines (CAC), 900318/24, Fonds Jacques Poly, *Comptes-rendus des Conseils scientifiques et des séminaires de 1972 à 1980*, Sous-dossier : *Direction scientifique des productions végétales 1979-1984*, "Max Rives, Projet de contrat de programme : Méthodologie de l'amélioration des plantes, 3 mars 1979, rapport communiqué à la réunion des chefs de département sur secteur production végétale le 19 décembre 1979".

[19] Max Rives, "L'amélioration des plantes", *La recherche*, n°155 (Mai 1984), 752-766, p. 760-64.

[20] Ces graphiques sont extraits de Christian Poncet, *La biologie moléculaire à l'INRA. Essai sur l'industrialisation des connaissances*, Rapport de recherche, Département ESR. INRA, 1999.

variétés transgéniques, le sélectionneur reste central dans le processus d'innovation pour passer de l'événement de transformation en laboratoire à la variété agronomiquement performante mise sur le marché. De plus, l'activité d'innovation semencière, loin de se fondre dans les conglomérats des "sciences de la vie" (fusion agrochimie-semences-pharmacie des années 1990), continue de montrer sa spécificité (nécessité du terrain, profitabilité moindre que l'innovation pharmaceutique, etc.)[21].





4. L'INRA à l'heure de la génomique, des brevets sur le vivant et de la mise en espace public des choix d'innovation semencière

A peine le département GAP a-t-il intégré la première mutation technico-scientifique des biotechnologies, que s'en présente déjà une deuxième : la génomique. Un jour, Michel Caboche, de retour d'une Gordon Conference aux Etats-Unis, annonce à ses collègues : "Ça y est, c'est *Arabidopsis* qui est choisie comme modèle". Très vite, plusieurs chercheurs du laboratoire de biologie cellulaire à Versailles abandonnent leurs anciennes thématiques et se reconvertissent vers *Arabidopsis*. C'est le départ d'un développement très réussi de la génomique végétale à l'INRA, avec notamment le travail de G. Pelletier sur les mutants d'insertion. Ce dynamisme des chercheurs va rencontrer la volonté de décideurs économiques et politiques de constituer un pôle français dans la course scientifico-industrielle au génome végétal : Génoplante est créé en 1999[22].

Si l'investissement génomique – aujourd'hui axe prioritaire des département GAP et Biologie (ex-Physiologie) Végétale a suscité moins de débats au sein de l'INRA que la biologie moléculaire vers 1980, il n'en est pas moins porteur de bouleversements profonds dans les orientations, les missions et les pratiques partenariales du Département. D'une part, il s'opère un détour par la plante modèle *Arabidopsis*, qui n'est pas une espèce cultivée (détour inconcevable dans la pensée d'un sélectionneur d'il y a trente ou quarante ans !). Or, jusqu'au milieu des années 1990, le Département était structuré en fonction des espèces cultivées (avec beaucoup d'espèces au début, puis la nécessité progressive de faire des choix)[23]. Ce qui se joue autour du choix d'une plante modèle, c'est donc de nouveau

[21] Gérald Assouline, Pierre-Benoît Joly et Stéphane Lemarié, "Biotechnologies végétales et restructurations de l'agro-fourniture : un horizon stratégique marqué de fortes incertitudes", *Economies et Sociétés*, Série F, n°38 "Développement" - II, 3/2001, pp. 425-448.

[22] Il s'agit d'un Groupement d'Intérêt Scientifique associant l'INRA, le CNRS, l'IRD, le CIRAD, ainsi que les firmes Biogemma, Rhône-Poulenc et Bioplante. Biogemma (GIE entre Limagrain, Coop de Pau, Unigrain et Sofiprotéol) avait d'ailleurs été créé en 1996 (à l'heure où l'agrochimiste Monsanto lançait ses variétés transgéniques et acquérait plusieurs entreprises semencières) pour renforcer les recherches des entreprises françaises et constituer une "centrale d'achats" de gènes.

[23] Ce mode d'organisation transparaît dans la structure des rapports du Département GAP encore jusqu'au début des années 90.

l'affirmation du laboratoire sur le champ. Les coûts de cette priorité à la génomique ont amené une réduction drastique (*cf.* la communication de Marianne Lefort) du nombre d'espèces étudiées par l'INRA laissant de nombreuses espèces cultivées en France orphelines d'une recherche publique perdant certaines de ses compétences (partiellement compensées par les recrutements effectués autour de la thématique "ressources génétiques").

D'autre part, la génomique accentue le mouvement de remontée vers l'amont de la commercialisation de la recherche engagé avec les biotechnologies. La course aux gènes est lancée. Jusqu'ici, c'était au niveau de la variété – avec les Certificats d'Obtention Végétale – que la valorisation de l'innovation se faisait. A présent, elle se fait par le brevet sur le gène (voire la séquence partielle). Le régime UPOV élaboré par Bustarret au cours de la première période que nous avons décrite est aujourd'hui supplanté par un régime du brevet sur les inventions biotechnologiques. Ce régime, devenu dominant et global via l'OMC, est bien moins protecteur de l'accès du chercheur comme de l'agriculteur aux ressources génétiques et tend à créer des dépendances de brevet pouvant s'avérer contre-productive à l'innovation[24]. Il implique en outre de nouvelles pratiques de valorisation et de partenariat qui sont en rupture avec celles qui étaient fondatrices au Département Amélioration des Plantes depuis sa création. Celui-ci s'était en effet doté des moyens de valoriser des variétés tandis qu'il n'a aujourd'hui pas toujours les moyens de défendre des brevets face aux grands acteurs privés. Avec le déclin des formes partenariales anciennes (bilatérales ou en club) et de la valorisation variétale, c'est aussi le socle financier, du Département GAP (et de l'ensemble de l'organisme), qui est ébranlé.

La génomique marque aussi un tournant dans l'insertion de la recherche agronomique dans son espace géographique. La génomique est en effet un vecteur puissant de mise en commensurabilité de l'ensemble des espèces végétales et des territoires agricoles. Les mêmes gènes de résistance au froid mis en évidence sur *Arabidopsis* ont par exemple une utilisation potentielle sur toute une série d'espèces, sous de multiples latitudes. Cet "espace vivant-monde" unifié émerge en même temps qu'une "recherche-monde"[25] : la génomique et ses plates-formes implique de nouveaux modes d'organisation de la recherche (une mutation, une industrialisation de la recherche, comparable à celle de la "Big Science" dans la physique d'après la Deuxième Guerre). Il faut en effet mettre d'énormes moyens sur un seul problème pour rester dans la course internationale, d'où une division mondiale du travail. Dans ce contexte, pour amortir et valoriser ces très gros investissements de recherche, l'espace agricole national ne sera plus suffisant. Il devient trop étroit, et conduit les systèmes de recherche publique nationaux à se penser sur un échiquier mondial. Si l'on peut parler de synergie, de "mariage" entre l'INRA et la "ferme France" dans la première période, les évolutions actuelles créent au contraire une certaine déterritorialisation de la recherche sur le vivant… un "divorce" entre l'INRA et la "ferme France". On mesure ici l'ampleur de la rupture qui s'opère avec le contrat social tissé dans l'après-guerre entre recherche publique, monde agricole et société.

Si l'on considère l'ampleur des mutations en cours dans les relations entre recherche, Etat, marché, territoire et monde paysan, on comprend mieux l'immense difficulté pour l'INRA à définir une politique de recherche publique en amélioration des plantes. Il lui faut en effet assurer une partie de ses anciennes missions (notamment rester le coureur de tête pour les obtenteurs traditionnels), maintenir sa compétitivité face au développement de la recherche privée des grandes firmes nationales, défendre une vision de la propriété intellectuelle plus respectueuse du bien commun, marquer son indépendance dans des montages financiers tendant à abolir les frontières entre recherche publique et privée…

On comprend aussi que devant de tels enjeux, la recherche publique en génétique et amélioration des plantes ait été mise à l'agenda de l'espace public au cours des dernières années. A la faveur des crises alimentaires et du débat sur les OGM, s'est souvent exprimée la crainte de voir s'affaiblir la dimension de service public d'une recherche publique ralliée au régime de valorisation par brevet et financièrement dépendante des acteurs privés. Un espace de débat et une demande de régulation

[24] Pour une analyse précoce et fine de ces enjeux, voir notamment Pierre-Benoît Joly et Chantal Ducos, *Les artifices du vivant. Stratégie d'innovation dans l'industrie des semences*, Paris, INRA - Economica, 1993, p. 367-385. Voir aussi l'analyse d'un haut responsable de la Fondation Rockefeller : Robert W. Herdt, "Enclosing the Global Plant Genetic Commons", Conférence à Stanford University, January 14, 1999.

[25] Le terme est inspiré de celui d'économie-monde d'Immanuel Wallerstein.

"civique" de la recherche ont ainsi émergé. A côté des modes colbertiste, corporatif et marchand, c'est un quatrième mode de polarisation qui s'affirme[26]. On peut le caractériser par trois éléments nouveaux apparaissant dans la négociation de la recherche et l'innovation variétale :
- des acteurs nouveaux, autres que ceux qui intervenaient dans les trois premiers modes de régulation (chercheurs, fonctionnaires, représentants de la profession et dirigeants des sociétés semencières), tels des ONG environnementalistes, les associations de consommateurs, les victimes (cas de l'ESB) et riverains ;
- des arènes nouvelles de discussion, telles que la grande presse (et non plus seulement la presse professionnelle) ou l'espace judiciaire qui devient, dans le cas des procès de faucheurs d'OGM un espace dans lequel on discute des orientations et des partenariats de la recherche publique ;
- des "justifications" et critères de légitimité des innovations renouvelés[27] : outre les performances agronomiques et l'intérêt pour l'agriculteur ou pour l'économie nationale, des critères tels que le développement durable, la biodiversité, l'environnement ou l'inscription dans le territoire sont de plus en plus mis en avant dans l'évaluation sociale des innovations variétales.

Ainsi, dans le débat sur les OGM[28], on a eu d'abord une critique des OGM comme objets techniques, puis, surtout à partir de 1999 avec des destructions d'essais d'organismes publics, la critique est remontée vers amont, questionnant la pertinence de certains essais d'OGM, voire les choix de recherche d'un organisme comme l'INRA. Sous la pression montante de ces questionnements, l'INRA a été amené à se repositionner dans ce nouvel espace de régulation civique. Jusqu'alors, l'INRA se positionnait – dans la lignée de sa mission originelle – comme un obtenteur potentiel et un fer de lance de l'innovation variétale, transgénique ou non, et s'apprêtait vers 1995-1996 à déposer au catalogue un colza génétiquement modifié (tolérant à un herbicide), en collaboration avec les sociétés SERASEM et PGS. La direction de l'INRA choisit de faire volte-face fin 97-début 98 sous la présidence de Guy Paillotin. Il ne dépose pas la variété en question, préférant construire sa légitimité comme pourvoyeur d'expertise publique (sortie du livre bleu sur les OGM en mai 1998, programmes de recherche pour évaluer les impacts des OGM, etc.). Une des caractéristiques de la polarisation civique de la science par l'agora[29], est effectivement de renforcer des dynamiques scientifiques tirées par la demande sociale d'expertise et non plus uniquement des dynamiques liés à la génération d'innovations[30]. Par ailleurs, l'INRA prend part au débat (débats internes, encouragement des chercheurs à dialoguer avec le public, mission Agrobiosciences, etc.) et expérimente des modes participatifs de négociation de la recherche et de l'innovation (projet Vigne d'évaluation interactive des technologies[31]), afin de reprendre l'initiative dans un espace de controverse et de négociation élargi où la légitimité des recherches ne se négocie plus comme il y a un demi siècle.

En guise de conclusion, nous nous limiterons à émettre l'hypothèse qu'après des périodes dominées par des modes colbertiste et corporatif de polarisation de la recherche, c'est sans doute dans la compétition (et l'articulation) entre un mode marchand et un mode civique que va se jouer l'orientation de la recherche en amélioration des plantes dans les prochaines années, et l'avenir de l'INRA comme service public de recherche.

---

[26] Ce mode de polarisation n'est bien sûr pas entièrement nouveau. On peut le faire émerger autour des critiques environnementales des années 1970, ou encore des controverses sur les effets sur la santé de l'huile de colza autour de 1970. L'INRA, pris dans une controverse publique, avait alors réagi très vite en commercialisant une nouvelle variété sans acide érucique.

[27] *Cf.* la notion de "cité" et la caractérisation de la "cité civique" chez Luc Boltanski et Laurent Thévenot*, De la justification. Les économies de la grandeur*, Paris, Gallimard, 1991.

[28] Pierre-Benoît Joly, Gérald Assouline, Dominique Kréziak, Juliette Lemarié, Claire Marris et Alexis Roy, *L'Innovation controversée : le débat public sur les OGM en France*, rapport du Collectif sur les Risques, la Décision et l'Expertise, INRA, 2000.

[29] Sur la notion de "science dans l'agora", voir Helga Nowotny, Peter Scott, Michael Gibbons, *Repenser la science Savoir et société à l'ère de l'incertitude*, Paris, Belin, 2003. Voir aussi Michel Callon, Pierre Lascoumes et Yannick Barthe, *Agir dans un monde incertain. Essai sur la démocratie technique*, Paris, Seuil, 2001.

[30] Tout comme les recherches polarisées par l'innovation, ces recherches polarisées par l'expertise peuvent ouvrir des champs scientifiques de pointe et des questions théoriques fondamentales. On peut en ce sens mentionner la modélisation globale dans le cas du changement climatique, ou les flux de gènes et les interactions plantes-virus dans le cas de l'évaluation des OGM.

[31] Voir http://www.inra.fr/Internet/Directions/SED/science-gouvernance/ITA-Vignes/index.html

Pour en savoir plus

Aggeri F., Hatchuel A. (2003), "Ordres socio-économiques et polarisation de la recherche. Pour une critique des rapports science-société", *Sociologie du travail*, numéro spécial sur l'agriculture, 45, 113-133.

Cranney J. (1996), *INRA 50 ans d'un organisme de recherche*, Paris, INRA Editions.

Joly P.B., Ducos C. (1992), *Les artifices du vivant : Stratégie d'innovation dans l'industrie des semences*, Paris, INRA - Economica.

Pestre D. (2003), *Science argent et politique, un essai d'interprétation*, Paris, INRA Editions.

Poly J. (1978), *Pour une agriculture plus économe et plus autonome*, Brochure INRA.

Poncet C. (1999), *La biologie moléculaire à l'INRA. Essai sur l'industrialisation des connaissances*, Rapport de recherche, Département ESR. INRA.

Thomas F., Bonneuil C. (à paraître ; titre provisoire), *La génétique et l'amélioration des plantes à l'INRA : du maïs hybride à la génomique*, Paris, INRA Editions.

L'INRA dans l'amélioration des plantes des "Trente Glorieuses" à la lumière des préoccupations actuelles

André Cauderon

Académie d'agriculture - 18, rue de Bellechasse - 75007 Paris

Aujourd'hui membre de l'Académie d'Agriculture et de l'Académie des Sciences, A. Cauderon est Directeur de recherche honoraire de l'INRA, auquel il a appartenu de 1945 à 1989.
Il nous propose ici un témoignage, fondé sur son expérience personnelle dans le domaine des plantes de grande culture, sur l'atmosphère et le contexte dans lesquels travaillaient les équipes INRA durant ces trois décennies qui ont vu l'expansion de l'INRA et de l'amélioration des plantes.

Les "Trente Glorieuses", ce n'est pas un jugement de valeur. C'est une période historique. Trois décennies environ qui, après la guerre, ont représenté une phase importante dans l'évolution de la société.

1. La situation à la veille de la Seconde guerre mondiale

Dans l'entre deux-guerres, l'agriculture d'une bonne partie de la France est en voie de sous-développement relatif – les importations alimentaires en témoignent – ce qui est grave. Mais l'opinion n'en a guère conscience, ce qui est plus grave encore. La guerre révélera la réalité de cette situation avec une force qui a marqué profondément la jeunesse, laquelle a compris que tout était à faire : elle a été ouverte par les désastres nationaux aux attitudes expansionnistes et à la recherche de la productivité.

Une conséquence dominante après-guerre, c'est la pénurie dans tous les domaines. Les cartes d'alimentation vont subsister quelques années. Autre exemple : vers 1950, il n'y avait pour tout véhicule automobile, sur le Centre de recherche de Versailles, que la voiture de service de son directeur et un petit camion. Bien entendu, aucune voiture personnelle. Ce n'était pas la misère, mais à l'époque l'abondance faisait partie des rêves et des conversations : ce n'était pas un cauchemar.

L'amélioration des plantes

La mission de l'amélioration des plantes était la même qu'aujourd'hui : ajuster des espèces à un contexte naturel en fonction des besoins et des capacités des hommes. Ses acteurs faisaient appel, comme aujourd'hui, à de nombreuses disciplines scientifiques et contribuaient à l'exploration de l'hérédité. Par exemple, les travaux de cytogénétique du blé poursuivis à l'époque à la station d'amélioration des plantes de Versailles ont ouvert sur une connaissance des mécanismes de spéciation et plus tard sur le transfert au blé de gènes de résistance au piétin verse d'*Aegilops ventricosa*. Située, à l'époque déjà, à un véritable carrefour agronomique et contact évident de la recherche avec l'agriculture, l'amélioration des plantes maîtrisait, dès avant la guerre, une technologie de bon niveau international. Le meilleur exemple est celui des blés tendres. A la suite des travaux des Vilmorin et de Schribaux, des lignées avaient été développées, par recombinaison après hybridation, et il existait des variétés françaises tout à fait remarquables, cultivées sur de vastes superficies. Mais beaucoup d'autres espèces végétales, même importantes, n'intéressaient personne. Le potentiel bien réel de l'amélioration des plantes n'était pas sollicité. Pour l'orge d'hiver par exemple, il existait quelques variétés, qui risquaient la verse dès que leur rendement atteignait une vingtaine de quintaux par ha. Pour le maïs, chacun entretenait sa population en choisissant les beaux épis chaque année : le potentiel de rendement était limité. Cette situation n'incitait pas au perfectionnement des techniques de culture.

Il existait peu de filières de progrès allant d'un bout à l'autre de la chaîne, en dehors du blé et de la pomme de terre. Beaucoup d'espèces étaient en déshérence. Les moyens consacrés à la recherche par l'Etat et par les entreprises étaient faibles, et la guerre a encore accentué ce retard en coupant la France de l'Amérique. Il y a eu par exemple, en 1938, une tentative pour engager à Saint-Martin de Hinx un

travail sur le maïs, en tenant compte des récentes avancées réalisées aux Etats-Unis ; elle a avorté. L'époque n'était vraiment pas favorable.

2. Le réveil

Mais les ferments existaient, et le mouvement va se développer.

L'expansion de la recherche agronomique

La conscience de l'intérêt d'une expansion de l'agriculture et de la recherche agronomique s'est accrue durant la guerre. L'opinion a été persuadée qu'il fallait agir. Quelques hommes ont mis en œuvre cette idée en recrutant d'abord des chercheurs, dont le profil était à peu près le suivant : études agronomiques, inexpérience, enthousiasme et bonne conscience vis-à-vis du développement et de la productivité. Ces jeunes ont reçu à l'INRA une formation méthodologique de qualité, dispensée par quelques anciens, peu nombreux mais compétents – d'ailleurs si peu nombreux qu'ils ne pouvaient ensuite encadrer ces jeunes de façon stricte.

Parmi les anciens qui ont vraiment construit cette génération de jeunes agronomes, je cite en premier Jean Bustarret, rapporteur en 1946 du projet de création de l'INRA dont il sera plus tard le Directeur, et quelques hommes comme Robert Mayer à Versailles et, à Montpellier, Luc Alabouvette, enseignant et responsable d'une station.

Cette formation complémentaire a été facilitée par la création d'un enseignement de génétique à Paris (Ephrussi, L'Héritier, Teissier, Rizet), et d'enseignements de biométrie et de statistique (Vessereau). Mentionnons aussi quelques livres de base : des ouvrages américains, anglais, allemands ; en français, *L'espèce* de Lucien Cuénot, *L'hérédité* de Guyénot, les manuels d'amélioration des plantes de Lathouvers ou de Boeuf, *La culture des tissus* de Roger Gautheret, les ouvrages d'Albert Demolon.

Tout était à faire dans tant de domaines que ces jeunes chercheurs ont eu vraiment le monde entier à leur disposition ; ils pouvaient tout explorer. Ces débutants, finalement correctement formés, ont donc eu une grande liberté de manœuvre. Ceux qui voulaient, par exemple, se consacrer à la botanique systématique ou à la cytogénétique, ont réussi à le faire pendant toute leur carrière à l'INRA, avec profit pour eux-mêmes, pour les autres et pour l'INRA. Il y avait, malgré les contraintes toujours présentes, une grande liberté pour des chercheurs qui, par chance, trouvaient en face d'eux une agriculture avide de résultats de recherche et d'innovations techniques.

Les directives données aux chercheurs sont alors d'une extrême simplicité. Pour l'orge par exemple, on m'a dit : "il existe une collection internationale de variétés d'orges dans l'armoire du premier étage. Elle est en mauvais état parce qu'elle a été récoltée trop tard – c'était l'année de la Libération. Il faut la remettre en ordre et voir ce qu'il y a à faire". Il suffisait donc de semer cette collection et de l'observer. On constatait immédiatement que le problème prioritaire était celui de la résistance à la verse chez les orges d'hiver : on ne pouvait pas utiliser pleinement cette céréale, très productive et écologiquement bien adaptée à de nombreuses régions, sans en faire d'abord une plante qui reste debout quand on la cultive assez bien pour qu'elle atteigne un bon rendement. Question : comment procéder ?

Pour le maïs, Jean Bustarret, rentrant d'une mission en Amérique du Nord avec Luc Alabouvette, fin 1946, m'a dit : "J'ai vu là-bas des maïs précoces qui ont l'air intéressants. Voici quelques adresses. Vous écrivez, vous demandez des lignées, des hybrides, des documents et vous regardez ce qu'il y a derrière". C'est la seule directive que j'ai reçue, et je crois qu'elle était excellente. J'ai immédiatement mis par écrit la traduction des deux chapitres consacrés au maïs dans le manuel d'amélioration de Hayes et Immer, pour avoir sous la main l'état de l'art ; et j'ai travaillé. Bien entendu, Mayer et Bustarret venaient voir ce qui se passait. Ces dirigeants ont eu le mérite de savoir faire confiance et d'ouvrir des pistes nouvelles, d'éviter le détail tout en maintenant le cap et en surveillant le mouvement. En dehors de l'INRA, la bureaucratie manifestait un certain scepticisme sur ces aventures. Je me souviens notamment d'avoir reçu un groupe de personnages importants qui étaient dubitatifs devant les balbutiements des premiers travaux sur les maïs précoces ; face à un débutant seul sur ce problème

nouveau et en concurrence avec les Etats-Unis, ils se demandaient si c'était bien réaliste. Ils étaient raisonnables. Mais l'histoire leur a donné tort.

La demande d'innovation et les filières de progrès sur le terrain

Il existe une agriculture active qui demande des résultats de recherche et des agriculteurs, plutôt des jeunes, qui manifestent une avidité de progrès technique et une acceptation des risques correspondants. Leurs organisations sollicitent les scientifiques, réclament des technologies nouvelles, posent des questions, participent activement aux essais, suivent les avancées de la recherche. Ces filières, où chaque maillon se préoccupe de savoir si les autres fonctionnent, une caractéristique de l'époque, vont se révéler efficaces. Je me souviens de la participation de CETA ou de coopératives (Senlis, la Beauce), de l'association des producteurs de maïs... C'est de ce mouvement que sortiront un peu plus tard les instituts techniques. Sur le terrain, les services agricoles du ministère de l'Agriculture sont très actifs au plan départemental, en liaison avec les groupes et les organisations d'agriculteurs, l'INRA et les chaires d'enseignement. Les entreprises de sélection, les organismes de production de semences et leurs instances nationales partagent un même projet : produire davantage de richesses rapidement et simplement. Le peu de sophistication de chaque discipline et de chaque maillon de la chaîne facilite le dialogue : on pouvait sans problème échanger des idées et se comprendre, caractéristique – non durable – d'une époque de renaissance et d'un monde assez jeune. Tout n'allait certes pas pour le mieux – il y avait bien entendu des disputes, des procès d'intention, des coups fourrés –, mais on avançait ensemble, et vers le bon objectif : étendre à toutes les espèces cultivées les travaux scientifiques et techniques ainsi que l'organisation dont bénéficiait déjà le blé. L'opinion publique ne se manifestait peut-être guère, mais chaque citoyen comptait bien sur ce progrès pour améliorer sa situation matérielle et d'abord son alimentation ; il n'avait pas tort.

Les méthodes de sélection

Les méthodes qui s'étaient révélées les meilleures pour le blé puis pour le maïs ont été adaptées à un maximum d'espèces. Au fur et à mesure de l'arrivée de jeunes chercheurs, on développait les travaux sur des oléagineux, des fourrages, des fruitiers, des légumes, près d'une cinquantaine d'espèces cultivées importantes, ce qui était beaucoup. A chaque espèce, en fonction de ses caractéristiques, on essayait d'adapter les approches les plus éprouvées. Pour les fourrages, on a beaucoup travaillé sur la polyploïdie, car nombre de ces espèces étaient allogames et polyploïdes, et les méthodes de sélection, aussi bien du blé que du maïs, ne convenaient pas. On réalisait donc des travaux de fond pour éclairer les pistes, puis des tentatives pour valider les résultats en créant des variétés, avec des succès très divers. Des travaux ont été également développés sur l'hybridation interspécifique, la qualité des semences et des plants (qualité sanitaire, énergie germinative...), etc. Enfin, une préoccupation permanente de l'amélioration des plantes a été, dès le départ, les épreuves de qualité des produits : ce qui nécessitait la participation d'experts capables d'apporter des méthodes d'évaluation précises et vérifiables par tous – et ce n'est pas toujours facile.

3. La répartition des tâches d'amélioration des plantes

La recherche

Entre l'INRA et les entreprises de sélection, dont les moyens n'ont pas augmenté aussi vite que ceux de l'INRA après la Libération, la coopération était par nature dissymétrique – elle l'est encore, mais elle l'était bien davantage à l'époque –, et donc forcément agitée. Ce qui ne l'a pas empêchée d'être efficace, mais avec cette agitation qui accompagne toutes les opérations compliquées.

L'amélioration des plantes INRA se sentait obligée, avec raison d'ailleurs, de prendre en charge les projets "orphelins", ceux que personne n'était en mesure d'assumer. Cela a été le cas pour le colza dès la période de guerre, puis le maïs un peu plus tard. Qui, en France, pouvait entreprendre des travaux sur le maïs, espèce alors peu cultivée ? Personne d'autre que l'INRA, où quelques personnes savaient à peu près de quoi il s'agissait, essentiellement pour avoir lu des ouvrages venus des Etats-Unis et observé des maïs sur le terrain. Il fallait apprendre, le noyau initial de compétences était restreint, et c'était forcément l'INRA qui se lançait, comme pour le tournesol quelques années plus tard.

Il en était de même des travaux de base (objectifs, matériels, méthodes), dont la validité a été confirmée par le lancement de variétés INRA. Les relations avec les entreprises évoluaient grâce à des groupes de travail communs qui permettaient aux chercheurs des deux familles de se connaître. Ces groupes jouaient un rôle croissant – et ils facilitaient la définition de bons accords officiels.

La différence entre les appareils de recherche des deux partenaires, très forte au départ, va s'atténuer progressivement, ce qui modifiera la nature des liens entre les entreprises de sélection et la recherche publique. Les entreprises ont recruté progressivement des chercheurs qui avaient la même origine et la même formation, agronomique ou universitaire, que ceux qui entraient à l'INRA.

Les règles et les règlements

Ces questions ne passionnent pas en général les militants de l'amélioration des plantes, mais elles sont importantes. La diffusion de variétés nouvelles suppose qu'on ait décrit les variétés, ce qui est moins facile à faire qu'à dire, qu'on ait mis en place un système d'enregistrement officiel, un contrôle des semences puis leur certification, et enfin une protection des droits des obtenteurs – une protection qui ne bloque pas l'avenir. Ces dispositifs vont se mettre en place progressivement dans un système concerté.

Jean Bustarret a joué un rôle essentiel dans ces domaines. Il a été l'artisan de la convention de Paris pour la protection des obtentions végétales, qu'il a réussi à faire adopter internationalement. Son souci était d'avoir un système efficace à la fois à court terme et long terme. Laisser le progrès génétique libre tout en récompensant les avancées déjà réalisées était l'idée essentielle.

Le Comité technique permanent de la sélection, puis ensuite le Comité de la protection des obtentions végétales jouent un rôle majeur dans le fonctionnement et l'évolution de ce système complexe, qui a aidé au progrès variétal en France, tout en assurant une ouverture aux variétés étrangères et un développement du commerce des semences. La balance commerciale favorable du secteur variétés-semences en témoigne.

La coopération internationale

Cette coopération a été importante, suivant des schémas très divers.

Dans le cas du maïs, on a assisté, à partir de 1946, à un transfert de technologies des Etats-Unis. Les Etats-Unis fournissent à l'Europe non seulement leurs semences d'hybrides – et l'Europe les a largement cultivés – mais aussi leurs lignées, élément confidentiel stratégique, leurs technologies d'amélioration génétique, de culture, de conservation, etc. Enfin, ils envoient des agronomes qui ont été, je pense, parmi les meilleurs ambassadeurs que les Etats-Unis aient jamais eus. Des hommes comme Jenkins, Rinke, Neal, ont joué un rôle capital en incitant les Européens à travailler ensemble. Il s'est ainsi constitué en Europe de l'ouest une petite communauté de chercheurs. Dès 1953, nous avons échangé des lignées : chacun a mis sur la table commune deux lignées, soit, comme nous étions une demi-douzaine en Europe à travailler sur les maïs précoces, une douzaine de lignées, que chacun a ensuite testées chez lui en les croisant avec un certain nombre de partenaires. Dans le premier échange de 1953, figuraient les lignées F7 et F2, ce qui prouve que nous avions donné ce que nous avions de mieux. Les Espagnols ont donné EP1, une lignée de maïs de Galice obtenue par Blanco. L'hybride double INRA 258, qui a eu un succès européen considérable entre 1958 et 1975, a été obtenu à partir de deux lignées françaises F7 et F115, une lignée américaine et cette lignée espagnole EP1. Une telle coopération apparaît aujourd'hui incroyable.

Dans cette tentative de concurrencer les Américains, de faire aussi bien qu'eux, et si possible un peu mieux, la France a été le seul pays à avoir le culot d'aller jusqu'au bout. Ce n'est qu'après avoir cultivé les hybrides INRA, et notamment le 258, que les autres pays ont perçu qu'il était possible de faire quelque chose d'original, parce que le climat d'Europe de l'Ouest est différent, avec un printemps beaucoup plus froid, de celui du centre des Etats-Unis, ce qui permet de créer des hybrides mieux adaptés. La supériorité locale de ces hybrides européens sur les hybrides américains précoces était très importante : elle sera plus tard estimée, par d'autres que les obtenteurs, à environ 20-25%, ce qui est considérable. Et la France est devenue le premier exportateur mondial de semences de maïs précoces.

Il y a bien d'autres exemples de coopération, pour la production de protéines végétales, par exemple. Eucarpia, Association européenne pour l'amélioration des plantes, l'UPOV, Union pour la protection

des obtentions végétales, ont eu un rôle important et chaque élargissement de l'Europe a donné une nouvelle occasion de coopération et d'expansion. Il existait réellement une volonté spontanée de faire fonctionner cet ensemble.

Le poids de la recherche non finalisée

Ce poids s'est accru progressivement. Des résultats remarquables en biologie cellulaire vont ouvrir des perspectives d'application directe, par exemple pour la multiplication végétative par culture *in vitro* et la protection sanitaire des plantes. Ils contribueront aussi, plus tard, à l'explosion de la biologie moléculaire et à son irruption dans la génétique. Le rôle de Roger Gautheret, universitaire et futur Président de l'Académie des Sciences, et de Georges Morel, l'animateur d'une très brillante équipe INRA à Versailles, a été essentiel. L'université va progressivement s'intéresser aux recherches agronomiques et jouer un rôle croissant dans la recherche et dans l'enseignement.

4. L'expansion et ses conséquences

Expansion agricole et expansion scientifique ont été de pair. Certains pensent même que l'agriculture a globalement été un peu trop efficace, ce qui est perturbateur pour la société, et en premier pour les acteurs de l'expansion. Mais comment réguler un tel flot ?

D'abord, les hommes. La recherche agronomique, l'INRA en particulier, l'amélioration des plantes notamment, ont joué un rôle significatif pour accroître le potentiel de pensée et d'action des sélectionneurs, des techniciens du développement, des agriculteurs. J'ai parlé d'une époque où, en France, quelques personnes savaient à peu près ce qu'était un maïs hybride et la façon dont on pouvait le gérer. La situation n'était plus la même lorsqu'on était passé de quelques personnes à un millier : on était sur une autre planète et il fallait changer d'organisation.

Une telle expansion s'est manifestée dans tous les domaines, progressivement ou brutalement, avec beaucoup de bons côtés et quelques aspects négatifs. L'opinion perçoit favorablement l'efficacité de l'agriculture et des filières alimentaires. Cela n'empêche pas le même public de se plaindre et d'évoquer la bonne nourriture d'autrefois, tout en sachant que ça va tout de même mieux. La recherche agronomique, l'amélioration des plantes et l'agriculture sont relativement bien perçues par la société de cette époque.

Marcel Mazoyer, après nous avoir rappelé quel est le problème capital du monde aujourd'hui, a presque donné l'impression qu'il regrettait que l'amélioration des plantes n'ait pas réussi à susciter une bonne gouvernance mondiale. Mais le pouvait-elle ? Tant que le mot solidarité sera d'abord un thème de discours incitant les autres à mieux faire, on n'avancera guère. L'amélioration des plantes s'est considérablement renforcée, et elle est capable d'aider à traiter beaucoup des grandes difficultés qui se présentent dans telle ou telle région, avec des voies tout à fait novatrices, inimaginables il y a seulement quelques années. Mais il faut que la société accepte la charge de cet engagement. Ne soyons pas trop pessimistes, mais les choses n'avancent pas vite.

Autre point à souligner : les grandes surprises que réserve la recherche et son application. Ce n'est pas nouveau. Il arrive que l'on monte un programme avec un objectif précis, et qu'on en atteigne un autre. Si le résultat est bon, cela n'a pas trop d'importance, on finit par croire qu'on l'a fait exprès. Par exemple, on a créé des maïs précoces en visant une bonne production en grains que l'on a effectivement obtenue. A partir des années 70, c'est devenu aussi une culture fourragère de tout premier plan dans l'Ouest de la France. Voilà un aspect de la "révolution fourragère" auquel on n'avait pas pensé.

Quelques conséquences actuelles pour l'amélioration des plantes et pour l'INRA

L'INRA et l'amélioration des plantes se trouvent aujourd'hui confrontés à des consommateurs français persuadés qu'abondance et confort alimentaires sont des droits acquis, ce qui est faux ; à une agriculture de chefs d'entreprise que leur compétence et leur organisation ne mettent pas à l'abri de rudes pressions nationales, européennes et mondiales pour maîtriser les volumes et les coûts de production

ainsi que l'état de l'environnement, et ils ont toutes raison d'être soucieux ; à une science plus fluide que jamais, dont les avancées ouvrent des perspectives inédites ; à des entreprises dites "semencières" d'amélioration des plantes, dont les préoccupations sont mondiales et dont les soucis de protection commerciale et juridique deviennent prédominants ; à une société coupée des réalités de l'agriculture et du monde vivant, mais soumise à une médiatisation intense. A une société aussi où l'on fait des OPA qui ne sont pas seulement boursières, mais aussi culturelles. Progressivement, le public découvre ce monde incroyable qu'il a contribué à mettre en place. Il mesure la gravité planétaire des atteintes à la biosphère et des distorsions de développement entre régions. Les hommes constatent qu'ils ont changé de planète. Cela les obligera sans doute à regarder science et technique avec un œil moins passionné, plus attentif à la nature des situations, à la réalité de ce que peut apporter la technologie, le risque comme l'espérance, enfin aux précautions qu'on doit prendre pour éviter le pire : l'immobilisme.

5. Quelques pistes pour l'amélioration des plantes

Les limites de l'expansion

J'ai placé en premier les limites à l'expansion pour l'amélioration des plantes. Pendant longtemps, cette discipline a pu imaginer parfois qu'elle allait établir un INRA pour chacune des quelques dizaines d'espèces cultivées importantes. Cela se révèle à l'évidence impossible, et on a dû emprunter d'autres voies de coopération dans l'espace, mais aussi dans l'esprit : il n'est pas simple d'imaginer ces raccourcis en fonction des avancées de la science.

Autre difficulté : assurer la continuité tout au long des filières de progrès. Ces dernières n'existent plus de façon naïve comme en 1950. Elles ont une autre apparence, plus officielle et moins sincère. Mais la difficulté de dialogue à l'intérieur est de plus en plus grande : chacun étant extrêmement pointu dans sa spécialité, les autres ne le comprennent pas ou, plus grave, comprennent de travers. Il y a là un problème de culture, de langage commun, de tour de Babel, qu'on retrouve dans le dialogue avec l'opinion, désormais indispensable : le public participe à la validation de la technologie.

Les liaisons extérieures

Il faut développer les relations appliqué/fondamental, recherche/enseignement, public/privé, agriculture/environnement, Europe/Monde, pays riches/pays pauvres, etc. Je m'en tiendrai ici à deux de ces partenariats. Le premier est l'aspect recherche-enseignement. Durant les Trente Glorieuses, la recherche agronomique en général et l'amélioration des plantes en particulier étaient peu impliquées dans les tâches d'enseignement. J'ai souvent pensé que c'était une position intenable, à la fois pour des raisons d'efficacité intellectuelle et de coût pour la société. Cette réorientation est capitale. Second point : le partenariat Europe-Monde. Comment faire en sorte qu'une recherche agronomique européenne émette le message international voulu, au service de l'Europe bien sûr, mais aussi du monde extérieur dont certains déséquilibres sont à la fois inacceptables et dangereux ?

Des domaines nouveaux

Des domaines nouveaux enrichissent l'amélioration des plantes. Désormais, ressources génétiques et biotechnologies permettent d'aller chercher, là où ils sont, les gènes d'adaptation et de qualité qui, limitant le recours aux perturbations directes du milieu, donneront accès à un développement enfin durable.

La recherche ouvre à l'amélioration des plantes de nouvelles cibles, relevant d'approches précédemment inimaginables qu'on doit se préparer à maîtriser. Mais nos capacités de prévision restent faibles.

La perception du public : pour une culture technologique

Le public s'inquiète des changements trop rapides. Il se sent bousculé par un nouvel acteur de plus en plus envahissant : le "dragon" recherche-entreprise – je l'ai baptisé ainsi en l'an 2000, année du dragon en Chine, devant l'Académie d'Agriculture. La recherche – une activité –, et l'entreprise – une organisation –, se sont hybridées. Des chercheurs travaillent dans les entreprises et d'autres dans les

services publics, mais en fait tout ce monde se retrouve au sein du dragon. Celui-ci a un défaut : il est trop efficace comparé aux autres acteurs. Et l'excès d'efficacité conduit les experts à poser eux-mêmes les bonnes questions et à fournir immédiatement les bonnes réponses : attitude inacceptable, et l'opinion se bloque sur tel ou tel sujet sensible. C'est l'immobilisme, cas des OGM en Europe. Il faut développer dans la société un minimum de culture technologique pour que s'établisse un débat public permanent pour évaluer les situations, les problèmes et leur gravité, mais aussi les avantages et inconvénients des technologies nouvelles ainsi que la façon dont on doit étudier avec précaution leur mise en œuvre. C'est alors dans la clarté qu'on pourra appliquer un "principe de précaution" qui soit autre chose qu'un procès d'intention avec excommunication de tout changement. Car cet immobilisme conduirait l'Europe à laisser à d'autres régions le soin d'explorer et de choisir l'avenir de la planète.

L'antidote, c'est une culture technologique. Car on demandera encore davantage à la recherche : un ajustement beaucoup plus précis des gènes aux contraintes de l'environnement et aux besoins des hommes dans le cadre d'une agriculture durable. La recherche seule permet d'avancer dans cette voie, en liaison avec la société dont la participation est indispensable.

La contestation a priori d'une technologie a d'ailleurs des précédents. Montpellier est un lieu favorable pour rappeler un exemple qui date d'un siècle, suite à cette calamité unique dans l'histoire du vignoble français : la destruction par le phylloxéra, en 30 ans, de quelque deux millions d'hectares. Cette crise, qui atteignait tant d'hommes dans leur vie et leur survie professionnelle, a suscité une mobilisation passionnée de la France scientifique et technique, pour essayer de faire face à un ennemi inconnu. Vous connaissez la suite : parmi les nombreuses pistes explorées, c'est le greffage sur des porte-greffe nouveaux, généralement hybrides entre vignes américaines et *V. vinifera*, qui a permis de reconstituer le vignoble. Montpellier a joué un rôle essentiel. Mais on oublie que cette solution a eu des opposants a priori. Lucien Daniel, professeur de botanique, a proclamé que l'on jouait aux apprentis sorciers, que nos vénérables cépages ne résisteraient pas à l'aberration qu'était le greffage, surtout sur des hybrides interspécifiques contre nature. Les polémiques, avec Ravaz et Viala notamment, ont été d'une violence extraordinaire. L. Daniel a réussi à se faire désigner par le ministère de l'Agriculture pour rédiger un rapport sur la question, concluant qu'on courait à la catastrophe. Mais les viticulteurs étaient dans une impasse. Au vu des premiers essais de greffage, ils n'ont pas suivi L. Daniel dans son militantisme. Aujourd'hui, la reconstitution du vignoble apparaît à juste titre comme un premier résultat d'une organisation alors nouvelle : une "recherche agronomique". Les agitations de l'opinion publique autour d'une technologie ne sont donc pas sans précédent. Il faut en tenir compte et en prévenir les dérives.

En conclusion, une société différente a besoin d'une agriculture différente, de filières alimentaires différentes, d'une gestion des ressources naturelles différente, et donc d'une amélioration des plantes différente. On demandera encore davantage à cette amélioration que par le passé. La recherche doit veiller à ce que la société comprenne cette évolution et les perspectives qu'elle ouvre, mais aussi la compétence et la vigilance qu'elle requiert de la part des citoyens et des pays qui veulent participer au choix de leur avenir.

L'amélioration des plantes : les évolutions et les ruptures des années 80

Gérard Doussinault* et **Yves Hervé****

* INRA - Unité de génétique et amélioration des plantes - 35650 Le Rheu
** ENSA Rennes - 65 rue de Saint-Brieuc - 35042 Rennes cedex
yvesherve@wanadoo.fr

G. Doussinault était chercheur à la Station d'Amélioration des Plantes de Rennes-Le Rheu, il travaillait sur l'amélioration génétique du blé. Il est décédé en décembre 2002.
Y. Hervé a été enseignant-chercheur en amélioration des plantes à l'ENSA de Rennes. Ses recherches ont porté sur l'amélioration génétique des crucifères légumières.
Intervention présentée par Y. Hervé.

Les évolutions et les ruptures autour des années 80 dans le domaine de l'amélioration des plantes nous paraissent pouvoir se décliner en quelques points :
- l'émergence, ou du moins l'accentuation, du problème des ressources génétiques,
- le développement des biotechnologies,
- des évolutions dans la création variétale qui constituait, ou constitue encore, le cœur de métier du sélectionneur,
- des transformations de la filière du progrès génétique.

Notre témoignage porte plutôt sur ce que nous avons vécu du côté INRA. A cet égard, je regrette un peu que nous n'ayons pas un témoignage similaire des autres instituts de recherche agronomique français, par exemple le CIRAD. Il aurait été intéressant de rapprocher nos appréciations de l'évolution du métier durant cette période.

1. La meilleure prise en compte des ressources génétiques

Comment s'est traduit le "réveil" des ressources génétiques à l'époque, en particulier à l'INRA ? Cette prise de conscience n'est évidemment pas propre à l'INRA : elle s'est développée au plan mondial et au niveau européen, et est parvenue à l'INRA.

Les points marquants de l'accentuation de la prise de conscience, entre 1970 et 1980, ont été : au plan mondial, le développement de l'IBPGR (*International Board for Plant Genetic Resources*) qui deviendra ensuite l'IPGRI (*International Plant Genetic Resources Institute*) ; en Europe, la mise en place des ECP/GR (*European Community Progammes for Plant Genetic Resources*). En France, cette prise de conscience s'est d'abord traduite par des actions isolées de chercheurs du département de Génétique et Amélioration des Plantes (GAP) de l'INRA, de sélectionneurs privés et d'Associations, puis par la création, en 1983, du Bureau des Ressources Génétiques (BRG).

Ce "réveil des ressources génétiques" (on ne parlait pas encore vraiment de "biodiversité" à l'époque), est un peu une conséquence du succès de la création variétale. Les sélectionneurs se sont rendu compte qu'il fallait continuer à approvisionner les programmes de sélection, et pour cela faire appel aux ressour-ces génétiques disponibles, mais aussi que le succès des variétés améliorées risquait de provoquer une certaine érosion des ressources génétiques.

Un certain nombre d'actions se sont alors développées un peu partout. Des opérations de collecte d'abord, ce qui n'était pas forcément le plus difficile et était d'ailleurs souvent déjà engagé. Il y a eu aussi mise au point progressive de méthodes d'études de la diversité génétique. En effet, il ne suffit pas de collecter, encore faut-il savoir ce que l'on a recueilli et ce que l'on pourra en faire, donc évaluer ces ressources génétiques. C'est souvent l'aspect le plus difficile ; il a d'abord été fait appel aux méthodes phénotypiques, et plus récemment à d'autres méthodes, d'abord biochimiques utilisant surtout l'analyse

isoenzymatique, puis faisant intervenir la biologie moléculaire en recherchant des marqueurs de la diversité au niveau du génome.

Le problème était ensuite de parvenir à intégrer ces ressources génétiques à la création variétale. Cela a été fait avec beaucoup d'ardeur dans certains cas, mais je ne suis pas sûr que le résultat souhaité à l'époque par tous les promoteurs de cette conservation pour valorisation des ressources génétiques ait été atteint. Je ne sais pas si André Gallais, par exemple, estime que l'on a vraiment utilisé tout ce qu'il a voulu promouvoir, avec quelques autres chercheurs, en matière de sélection récurrente, d'intégration des ressources génétiques, de création de populations-sources... Il y a eu certes des résultats, mais il n'est pas certain que toutes les ressources génétiques aient été exploitées comme nous l'aurions souhaité.

A l'INRA, nous avons d'ailleurs pu vivre cela comme un problème. L'Institut, qui à l'époque commençait à réduire le nombre d'espèces travaillées, affichait une préoccupation de protection plus rationnelle des ressources génétiques qu'il avait essentiellement jusqu'alors conservées, de manière d'ailleurs inégale selon les espèces. Cependant, ce travail sur les ressources génétiques n'apparaissait pas toujours comme d'un niveau scientifique très valorisant, et représentait pour les responsables du Département une consommation de moyens. On avait donc, schématiquement, une forte sensibilisation aux ressources génétiques, et une valorisation de ces ressources qui restait assez relative.

C'est aussi à cette époque que sont apparues, sans devenir encore très importantes, certaines préoccupa-tions et controverses, notamment sur ce que pouvait être le droit et le "statut" des ressources génétiques.

2. Le développement des biotechnologies

Le deuxième élément important de ces années 80 a été le développement des biotechnologies. Le plus rapide a été l'implantation dans les laboratoires des biotechnologies de type cellulaire, avec des résultats intéressants et des contributions importantes de labos français de l'INRA (notamment à Versailles) ou d'Universités (Orsay...) ; puis est venue une segmentation relative en deux ensembles de biotechnologies (cellulaires et moléculaires) liées à l'amélioration des plantes, qui se sont développés avec des succès très variables.

2.1. Les aides à la reproduction conforme

Il me semble que la micropropagation *in vitro*, que l'on pourrait considérer comme une biotechnologie à bas prix (et à bas bruit), a peut-être été celle qui a finalement rendu le plus grand service à l'amélioration des plantes. Elle a été une aide puissante pour la sélection conservatrice, en permettant la multiplication rapide et sécurisée de variétés-clones, voire de parents d'hybrides. Elle a d'abord donné lieu à la création de nombreux labos spécialisés, qui pensaient pouvoir développer des activités de service spécifiques. Beaucoup de ces laboratoires ont progressivement disparu, mais la micropropagation, ainsi que la culture de méristèmes qui l'accompagne souvent pour la régénération de clones ayant "dégénérés", se sont installées "en routine" dans certaines unités d'amélioration des plantes ou dans des structures professionnelles spécialisées de production de plants (fraisier, vigne, pomme de terre et nombreuses espèces ornementales ou fruitières).

2.2. Les aides à l'amélioration des plantes

. Biotechnologies "cellulaires"

Ces biotechnologies, qui étaient à l'époque des outils nouveaux de l'amélioration des plantes, ont connu des succès divers.

On a beaucoup cru aux **haplométhodes**, qui n'ont peut-être pas obtenu tous les succès attendus. Elles devaient accélérer fortement le progrès génétique en permettant la création très rapide de variétés - lignées pures, en oubliant peut-être que la nécessaire évaluation au champ demande beaucoup de

temps. On n'a donc pas toujours gagné autant d'années qu'espéré. Néanmoins, cette biotechnologie s'est ins-tallée progressivement chez un grand nombre d'espèces. Les haplométhodes pour la création rapide de lignées pures ont à cette époque été mises au point chez environ 170 espèces, mais finalement elles ne sont actuellement utilisées couramment, pour la création variétale tout au moins, que chez un nombre assez limité d'espèces (riz, blé, orge, colza, par exemple).

Les **hybridations somatiques** ont également été beaucoup promues à l'époque. Elles ont apporté une aide aux croisements éloignés. Là encore, à part évidemment des résultats très intéressants pour faciliter les hybridations interspécifiques, il n'est pas certain non plus qu'elles aient permis de faire finalement beaucoup plus que ce que l'on savait déjà faire, certes avec plus de difficultés, en hybridation biologique classique. Néanmoins, ce sont des biotechnologies qui ont pris peu à peu une certaine place.

Une autre technologie, dont le succès attendu ne s'est pas vraiment concrétisé, est l'**embryogenèse somatique**. Si elle n'avait pas connu tant de difficultés de mise au point chez la plupart des grandes espèces, elle pouvait conduire, avec la production de "semences artificielles" qui en serait dérivée, à un bouleversement complet des méthodes d'amélioration des plantes. En effet, toutes les variétés auraient pu, à la limite, être des clones, dont l'obtention est beaucoup plus facile et rapide que celle des lignées pures ou, *a fortiori*, des hybrides. De fait, cette biotechnologie a produit des résultats globalement limi-tés mais néanmoins intéressants, notamment comme aide aux croisements entre espèces "éloignées", par exemple pour l'introduction ou la création de stérilités mâles, qui étaient activement recherchées pour sécuriser et faciliter la production de semences hybrides.

Sans être exhaustif, je citerai encore le **sauvetage d'embryons immatures**, une autre biotechnologie relevant de la culture *in vitro*, qui s'est bien développée et a rendu de grands services, même si c'est sur un nombre limité d'espèces, où elle a permis l'accélération de programmes de sélection et apporté bien souvent une aide aux hybridations interspécifiques.

. Biotechnologies "moléculaires"

Ces biotechnologies sont apparues à cette époque et se sont progressivement développées, en particulier à l'INRA, mais aussi au CIRAD et à l'ORSTOM (devenu plus tard IRD), dans deux domaines :

- **La connaissance utile du génome**, susceptible de fournir une aide à l'amélioration des plantes en apportant les moyens de mieux conduire la sélection : cartographie génétique, connaissance des fonctions des gènes, marquage moléculaire visant à la "construction" de génotypes.

- **Les interventions (ponctuelles et ciblées) sur le génome**. Outre leur usage pour la connaissance scientifique des fonctions génétiques, leur utilisation potentielle pour la transformation génétique des plantes cultivées a été rapidement pressentie.

Les méthodologies de la transgenèse se sont ainsi élaborées progressivement dès les années 60, avec quelques avancées principales :
- 1960-70 : mise en évidence des interactions entre plantes et *Agrobacterium* ;
- vers 1970 : fragmentation des génomes par action des endonucléases et isolement de ces enzymes "de restriction" ;
- 1975-80 : connaissance "moléculaire" d'*Agrobacterium tumefaciens* : rôles du plasmide Ti et de l'ADN-T, délétion des oncogènes, insertion de gènes étrangers... ;
- 1983 : Découverte de la PCR... et apparition du premier tabac transgénique.

L'élaboration progressive des méthodes de transgenèse résulte des travaux de nombreuses équipes de recherche, principalement américaines, belges, hollandaises... mais aussi françaises, du CNRS et de l'INRA.

Ces biotechnologies végétales de type moléculaire sont donc apparues progressivement et relativement tardivement au cours de la période considérée, avec peut-être d'ailleurs un retard par rapport à certaines biotechnologies animales (mais peut-on encore distinguer, dans ce domaine, biotechnologies végétales et animales ?). Elles sont certainement redevables au développement préalable des

biotechnologies de type cellulaire. Elles ont été une source de bouleversement important du paysage professionnel, avec l'appa-rition de sociétés spécialisées, le début de l'intérêt des sociétés agrochimiques pour la création variétale, et plus tard l'apparition – que l'on n'imaginait pas à ce niveau à l'époque – d'un débat de société autour des OGM.

Les plantes génétiquement modifiées avaient toutes initialement les deux caractéristiques qui ont contribué à créer le débat : d'une part l'introduction de gènes étrangers qui soulève pour certains des problèmes d'éthique, d'autre part l'usage de marqueurs d'introgression, notamment les résistances aux antibiotiques, qui posaient d'autres types de problèmes.

3. L'évolution de la création variétale ("cœur de métier")

3.1. Les évolutions du contexte

Le contexte de la création variétale, pour ce qui concerne les attentes de la société, a beaucoup changé à cette époque. On peut, sans trop caricaturer, dire qu'il y a eu à la fois continuité, mais aussi infléchisse-ment des objectifs de sélection, à l'INRA en particulier, mais aussi chez les autres sélectionneurs.

La continuité concerne la recherche de l'**augmentation du rendement des cultures**, en tant que facteur intégrateur et aussi facteur d'intérêt premier des utilisateurs, avec un progrès génétique qui s'est main-tenu et se maintient encore, mais s'est beaucoup développé à l'époque. Il faut rappeler que le progrès de nature génétique, c'est-à-dire livré pratiquement gratuitement aux producteurs, s'est maintenu à plus de 0,5 q/ha/an de 1960 à 2000 pour les grandes céréales.

Mais est aussi apparue une demande, qui correspondait d'ailleurs à la préoccupation exprimée à l'époque par Jacques Poly, Directeur de l'INRA, d'une agriculture "plus autonome et plus économe" : la recherche d'une **amélioration des qualités** au sens large, et l'**augmentation des niveaux de résistance** pour une agriculture visant à devenir plus économe en "intrants".

Les évolutions de la création variétale ont été importantes, mais de diverses natures :

1) Il nous semble que l'on a abouti durant cette époque à une confirmation des principaux modèles variétaux, avec trois types majeurs de plus en plus incontestés : **les lignées pures, les hybrides et les clones**, et, lorsqu'aucun de ces trois types n'était réalisable, des variétés synthétiques. Cette recherche de types variétaux caractérisés par leur homogénéité interne et leur reproductibilité assurée, a entraîné de fait, du moins pour les grandes espèces, la disparition des variétés-populations.
Même dans le domaine des variétés hybrides, on a assisté à une forte régression des hybrides com-plexes : des hybrides doubles vers les hybrides trois-voies, puis les hybrides simples. En dépit de leur coût éventuellement supérieur, au départ tout au moins, ces variétés hybrides-simples (hybrides F1) ont été rapidement adoptées par les agriculteurs, pour leur homogénéité et leurs performances. Leur géné-ralisation peut être datée de cette époque.

2) Il s'est également produit durant cette période, en dépit des vicissitudes de la Politique Agricole Commune, un développement du marché semencier, et c'est à cette époque que la France est devenue le deuxième producteur mondial de semences, avec cependant une segmentation des marchés variétaux due à la diversification des demandes (variétés très productives, variétés plus rustiques...).

3) Cette période a enfin vu un grand développement des sociétés semencières, mais s'est aussi caractéri-sée par une assez forte modification du "paysage semencier", qui s'est poursuivie ensuite : régression relative des sociétés familiales, forte expansion des groupes coopératifs (Limagrain, UNCAC, Coop de Pau, RAGT, etc.), et début de l'intérêt des groupes agrochimiques, pétrochimiques parfois, pour le domaine de la création variétale, dont ils attendaient un retour sur investissements probablement plus rapide que celui qu'ils ont obtenus.

3.2. Les évolutions du positionnement de l'INRA

Il se caractérise par le retrait progressif de la recherche publique de la création variétale ou/et par l'émergence de partenariats "publics-privés".

Au cours de cette époque il y a eu, au sein de l'INRA, un certain affaiblissement de la dimension intégrative de la discipline "amélioration des plantes". Pressé par d'autres préoccupations, l'Institut a aussi assez largement abandonné la sélection de nombreuses espèces, et s'est orienté vers :
- **la production, ou la participation à la mise au point, de méthodologies de sélection**, sous l'impulsion notamment de plusieurs chercheurs du département GAP (Gallais, Rives, Pochard, Bannerot, Morice...). L'INRA a fourni aussi de nombreux systèmes d'hybridation, par exemple pour le tournesol, et plus tard le colza (à partir d'hybridation interspécifique). L'INRA a activement apporté ou permis le développement de méthodologies particulières, souvent en amont de la sélection, et a par exemple assuré la promotion des méthodes de sélection récurrente, visant à préserver la variabilité génétique et le pro-grès variétal à long terme ;
- **la production de géniteurs**, en particulier pour la résistance aux maladies et aux prédateurs.

L'INRA s'est progressivement limité pour la création variétale à la création de variétés-modèles, ou de variétés pionnières pour des espèces peu développées jusqu'alors. On pourrait citer de nombreux exemples : les variétés de blé "Roazon" et "Renan" (variétés rustiques), le triticale "Clercal" (premier triticale productif), le colza "Primor" (huile sans acide érucique), la tomate "Ferline" (qualité gustative), le chou-fleur "Jaquez" (premier hybride F1 de type d'hiver), etc. Toutes ces variétés ont montré des orientations nouvelles ou relativement nouvelles de l'Institut.

Il y donc eu, dans une ambiance de diminution de la création variétale à l'INRA, un certain nombre d'exceptions importantes. L'INRA a en effet continué à assurer, voire à renforcer, certains programmes de sélection :
- d'une part sur **les productions "émergentes"** de l'époque, par exemple le triticale (recherche de productivité globale), le colza (qualités de l'huile et du tourteau), ou le tournesol (résistances aux maladies, obtention de stérilités mâles...). Il y avait, à vrai dire, très peu de sélectionneurs de colza et encore moins de tournesol au début des années 70. Par la suite, en quelques années, une vingtaine de sociétés privées de sélection au moins ont développé des programmes sur chacune de ces grandes espèces. Dans le même temps, l'INRA réduisait ses propres travaux en transférant ses résultats et ses géniteurs ;
- d'autre part sur **les espèces qui**, par absence de valorisation assurée des variétés, **ne peuvent intéresser le secteur privé**, comme par exemple les espèces fruitières, la vigne, les espèces ornementales.

L'évolution du positionnement de l'INRA s'est également traduite par un développement important de ses partenariats avec les sociétés semencières. Citons la collaboration avec le Club des Cinq (céréales à paille), la création de Promaïs, la collaboration INRA-SERASEM pour l'amélioration du colza, etc. Les partenariats incluaient parfois aussi des collaborations moins habituelles, entre l'INRA et certaines interprofessions ou certains groupements de producteurs, par exemple avec les producteurs bretons pour le chou-fleur, avec des syndicats d'obtenteurs pour les espèces ornementales. Il s'est ainsi établi une autre manière de concevoir le métier de sélectionneur "du secteur public", plus intégrée, plus proche des demandes professionnelles.

4. L'évolution de la filière

Cette époque a aussi connu une forte évolution de la filière du progrès génétique, et notamment de l'aval de la sélection, qui s'est principalement traduite par le renforcement de deux pratiques.

1) Le renforcement du système d'homologation des variétés
A l'interface entre la sélection créatrice et la sélection conservatrice, ce système apparaît d'abord comme un moyen de protection du consommateur des variétés végétales.

La réorganisation du CTPS, qui date de 1984, a renforcé son pouvoir de contrôle sur les qualités des variétés et des semences. En fixant par exemple de nouvelles exigences pour l'inscription des variétés au catalogue officiel, il a également accentué son rôle d'orientation, de pilotage de la sélection par l'aval.
Cette évolution s'est traduite aussi par une certaine réduction de l'engagement direct de l'INRA dans l'aval de la sélection : ainsi le GEVES (Groupe d'Etudes des Variétés et Semences), chargé de l'évaluation des nouvelles variétés candidates à une inscription au Catalogue Officiel, avait de fait été créé, dès 1971, sous la forme d'un service du département GAP de l'INRA ; il est ensuite devenu en 1985 un département autonome de l'INRA, puis en 1989, un Groupement d'Intérêt Public (GIP-GEVES).

2) L'amélioration de la protection des variétés
Alors que l'homologation, devenue progressivement obligatoire, des variétés vise à vérifier *a priori* leur intérêt et donc à protéger les utilisateurs, les obtenteurs de variétés ont aussi légitimement souhaité un système de protection de leurs intérêts, pour être assurés de pouvoir valoriser leurs investissements de recherche.
La Convention de Paris sur la protection des obtentions végétales avait certes été signée dès 1961, mais elle a mis quelque temps à se mettre en place, en s'organisant autour d'un concept intéressant et original, le **Certificat d'Obtention Végétale** (COV). Sa principale originalité est de ménager le libre accès des variétés protégées aux fins de leur utilisation comme géniteurs en vue de la création de nouvelles variétés. La possibilité de cette protection par COV a été depuis surtout exploitée chez les lignées pures et chez les clones qui, à la différence des hybrides, ne sont pas "autoprotégés" par leur système de multiplication.

3) Le renforcement de l'organisation semencière professionnelle
Il faut également mentionner, à partir de ces années 1970-80, un réel renforcement des organisations professionnelles et interprofessionnelles, avec notamment la montée en puissance des Instituts techniques ; elles sont devenues dans bien des cas des partenaires de la recherche publique, en particulier en participant aux expérimentations variétales et à la diffusion du progrès génétique.
Il faut encore dater de cette période le rôle accru du Groupement National Interprofessionnel des Semences (GNIS), ou encore le développement de la Fédération Nationale des Agriculteurs Multiplica-teurs de Semences (FNAMS) et de ses services techniques. Il faut enfin citer la création d'Agri-Obtentions, outil de l'INRA pour la valorisation de ses variétés.

Conclusion

Nous avons retenu, pour tenter de caractériser l'évolution de l'amélioration des plantes à l'INRA au cours des années 80 : deux évolutions importantes de la sélection INRA, deux types de résultats et deux évolutions du métier de chercheur.

Les évolutions importantes de la sélection INRA
La première est **la recherche de l'élargissement de la variabilité génétique**, variable selon les espèces et les besoins, mais cependant assez systématique et visant une meilleure connaissance de cette diversité et sa meilleure mobilisation en vue d'objectifs nouveaux, en particulier l'obtention de variétés plus rustiques, consommant moins d'intrants.
La seconde est une tentative, par différents moyens d'ailleurs, de **réduire l'aléatoire de la sélection par une meilleure précision des méthodes**, en améliorant peu à peu l'introduction de méthodes d'analyse génétique, en particulier de la génétique quantitative ; l'utilisation de plus en plus courante du marquage (biochimique et moléculaire), dont on apercevait les prémices et les promesses dès cette époque, relève de la même problématique.

Les résultats obtenus
L'INRA a contribué nettement au **développement de nouvelles productions**, devenues depuis très importantes dans le paysage agricole français, telles que le colza, le tournesol et même le triticale.

Il a par ailleurs apporté, dans un schéma renouvelé de collaboration et de répartition des tâches, **un soutien à la sélection privée**, **à la fois par ses travaux sur les méthodologies de sélection et par la production de géniteurs**.

Les évolutions du métier de chercheur en génétique et amélioration des plantes
Elles s'accompagnent – on peut sans doute le regretter, mais était-ce évitable ? – d'une **certaine perte d'expertise** au niveau de la plante entière. Ceci peut poser quelques problèmes pour la contribution de l'INRA à l'évaluation scientifique qui peut lui être demandée, notamment face à des choix de société (Agriculture durable, impact des OGM...). La participation au débat requiert une large connaissance, au meilleur niveau, des espèces, des systèmes de production... Pour y répondre, il faudra sans doute des chercheurs qui n'aient pas seulement approfondi une méthodologie particulière. Néanmoins, cette **spécialisation scientifique**, nettement plus forte actuellement qu'elle ne l'était au début des années 80, a bien sûr des aspects très positifs. Nous pensons que ce débat restera toujours celui d'un Institut de recherche finalisée : comment concilier la nécessité de conserver un volet d'estimation globale sur sa discipline, et l'urgence d'approfondir un certain nombre d'aspects scientifiques ?

Pour en savoir plus

Association des Sélectionneurs Français, "1962-2002 :Quarante années de sélection végétale", *Le sélectionneur français*, n° 53, septembre 2002.

Discussion

Question : Lorsqu'on fait des grandes rétrospectives, on a tendance, et c'est normal, à faire d'abord l'histoire des progrès et des réussites. Mais je pense qu'on apprend autant des échecs et des abandons, et je sais, pour avoir rencontré des chercheurs qui ont été obligés, ou ont choisi, d'abandonner des voies de recherche, que des travaux intéressants ont été arrêtés. Pourriez-vous nous parler de ces abandons ou de ces échecs ?

Y. Hervé : Il est toujours très difficile de parler des échecs, surtout qu'ils ne sont jamais complets. Il m'est ensuite difficile d'être l'interprète de tous les chercheurs de l'INRA, d'autant plus que je n'en suis pas tout à fait un... Il me semble qu'un certain nombre de frustrations, surtout chez les chercheurs les plus anciens, sont survenues lorsqu'ils ont dû abandonner des espèces qui étaient parfois "secondaires" et ne faisaient pas toujours l'objet d'études importantes, mais pour lesquelles il leur paraissait utile de poursuivre des travaux. C'est une politique de l'Institut qui n'est plus contestée, mais qui a évidemment pu poser des problèmes à certains.

Des déconvenues ont aussi pu naître de la difficulté à répondre à toute la demande sociale, en particulier pour les chercheurs, nombreux à l'époque, qui étaient en charge d'une espèce ou d'un groupe d'espèces particulier. Les demandes étaient si nombreuses, et allaient d'ailleurs dans des directions parfois un peu divergentes, qu'il était évidemment difficile de les aborder toutes. Ensuite, tout chercheur estime toujours qu'il n'a pas assez de moyens. Je pense que le secteur de l'amélioration des plantes n'est en fait pas spécialement mal loti et que globalement, en ce qui concerne tout au moins l'appui technique, le dépar-tement GAP a eu, au moins pendant quelques temps, des moyens relativement importants. Mais ils ne sont jamais suffisants face à la diversité des espèces végétales méritant intérêt pour l'agriculture française.

Enfin, beaucoup de chercheurs sont sensibles au problème de la protection des ressources génétiques, et je n'en ai pas rencontré beaucoup qui soient totalement satisfaits de la manière dont ce sujet important pour l'avenir a été globalement pris en compte, par l'INRA qui n'a pas pu totalement

s'investir, et par le BRG qui n'a pas non plus toujours eu des moyens à la hauteur de sa tâche. Voilà, en vrac, quelques points d'insatisfaction relative.

C. Bonneuil : En consultant les archives Poly, nous avons vu des demandes émanant de l'agriculture biologique dans les années 79-80, juste après le rapport Poly "Pour une agriculture plus autonome et plus économe". A cette époque, la filière bio française est encore leader en Europe et le mouvement bio est en train de se réorganiser ; les luttes de chapelles n'ont pas disparu, mais un groupe un peu plus pragmatique s'est constitué, qui engage des démarches et rencontre Jean Marrou. Ensuite, nous n'en avons plus trouvé trace. Quelles suites le département GAP a-t-il donné à ces demandes dans les années 80, compte tenu justement des orientations énoncées par Poly ? Un tournant n'a-t-il pas été un peu raté ? L'INRA ne s'intéressant à l'AB que depuis quelques années.

Y. Hervé : Je dirais d'abord qu'il est peut-être un peu rapide d'assimiler agriculture biologique et "agriculture plus autonome et plus économe". En tant qu'enseignant-chercheur, je crois pouvoir dire qu'à l'époque nous n'avons pas forcément perçu cette demande de l'agriculture biologique, en grande partie du fait qu'elle n'exprimait pas à l'origine des besoins de recherche. Lorsqu'elle est parvenue à l'INRA, elle était probablement assez mal formalisée, et l'Institut n'a peut-être pas jugé utile de la prendre en compte dès cette époque, du moins de manière explicite, en la traduisant par des programmes de recher-che nouveaux. Cela dit, les chercheurs ont, comme tous les citoyens, des sensibilités très différenciées sur ce point, et de nombreux travaux, comme par exemple ceux de l'équipe de G. Doussinault sur les résistances génétiques aux maladies et parasites, ont directement profité à l'agriculture biologique. L'agriculture biologique, comme aiguillon, comme moyen de poser des questions, un peu extrêmes parfois, mérite intérêt. Mais effectivement, cet intérêt n'est peut-être ressorti que plus récemment.

Question : Compte tenu des évolutions du métier de chercheur au département GAP que vous mention-nez, comment s'organise aujourd'hui la discussion, le partenariat avec la profession ? Concernant la première phase de l'amélioration des plantes à l'INRA, A. Cauderon a parlé de profils professionnels de chercheurs qui avaient aussi une très bonne connaissance du développement.

Y. Hervé : Je ne pourrais, là encore, apporter une réponse globale, d'autant plus qu'il s'agit de problè-mes actuels, qui dépassent le cadre de cet exposé. La sensibilité plus grande auparavant au développ-ement agricole s'explique à mon avis par le fait que, jusque vers 1980 ou même plus récemment, la plupart des chercheurs et ingénieurs du département GAP étaient des chercheurs-sélectionneurs, respon-sables d'une espèce, donc très proches de la famille professionnelle correspondante et en phase avec elle. Pour eux, l'interrogation principale a probablement porté sur la manière dont ils devaient évoluer pour laisser la sélection privée prendre le relais. Ce passage s'est déroulé de manières très différentes selon les espèces, et surtout en fonction de l'existence ou non de concurrence entre la sélection privée et publique. Il me semble que l'institution n'a pas trop mal réagi, avec la mise en place d'un certain nombre de collaborations, qui se sont aussi nouées en fonction des sensibilités et des affinités des individus. Mais globalement, il y a bien eu une prise en compte du fait que l'INRA n'était plus le seul agent dans le domaine de la création variétale et qu'il lui fallait non seulement exercer, mais aussi partager, son expertise. Actuellement, peut-on dire, comme on l'entend parfois, qu'il y a deux familles de chercheurs ? La question revient périodiquement. Existe-t-il désormais deux catégories de chercheurs : des généra-listes et des spécialistes ? Je pense qu'il serait excessif d'aller jusque-là, mais il existe bien une certaine dichotomie, qu'il serait vain de ne pas voir.

Le fait hybride, conditions de l'innovation et choix stratégiques

Alain Charcosset

UMR de Génétique végétale - Ferme du Moulon - 91190 Gif-sur-Yvette
charcos@moulon.inra.fr

Agronome, formé à la génétique quantitative et l'amélioration des plantes par André Gallais, A. Charcosset a fait une thèse avec André Gallais et Marianne Lefort sur le problème de la prédiction de la valeur d'hybrides F1. Il est chercheur du département GAP de l'INRA et travaille, dans l'Unité de recherche du Moulon, sur la génétique des caractères quantitatifs et la méthodologie de la sélection, en intégrant des approches de marquage moléculaire et de génomique.
Son intérêt pour l'histoire de l'amélioration des plantes et des variétés l'a conduit à mener des recherches sur l'introduction du maïs et l'évolution des variétés en Europe, en collaboration avec Monique Chastanet, historienne au CNRS.

Introduction

Les variétés hybrides ont constitué une rupture radicale en amélioration des plantes. Les progrès de productivité observés chez le maïs depuis la mise en place de cette innovation sont particulièrement frappants (cf. Figure 1). Celle-ci a aussi engendré de profondes mutations de l'organisation de la production de semences, assez rapidement prise en charge par des structures spécialisées (sociétés privées et groupes coopératifs notamment) et non plus par les agriculteurs eux-mêmes. Cette mutation a fait l'objet de travaux de recherche approfondis en économie. Elle a été interprétée par certains économistes, en particulier Jean-Pierre Berlan, comme une première étape vers l'appropriation du vivant par des groupes industriels (Berlan, 1999d ; Berlan and Lewontin, 1986)[1]. Cette réflexion interpelle en tant que telle les généticiens impliqués dans la sélection et la génétique des variétés hybrides (Gallais, 2000). Elle prend une dimension supplémentaire dans le contexte actuel d'interrogations sur l'intérêt pour la société d'innovations génétiques récentes (obtenues notamment par transgenèse). Il apparaît donc utile de reconsidérer les conditions scientifiques, techniques et économiques dans lesquelles les variétés hybrides se sont développées et de s'interroger sur la nature et les motivations des choix stratégiques des différents acteurs en cause.

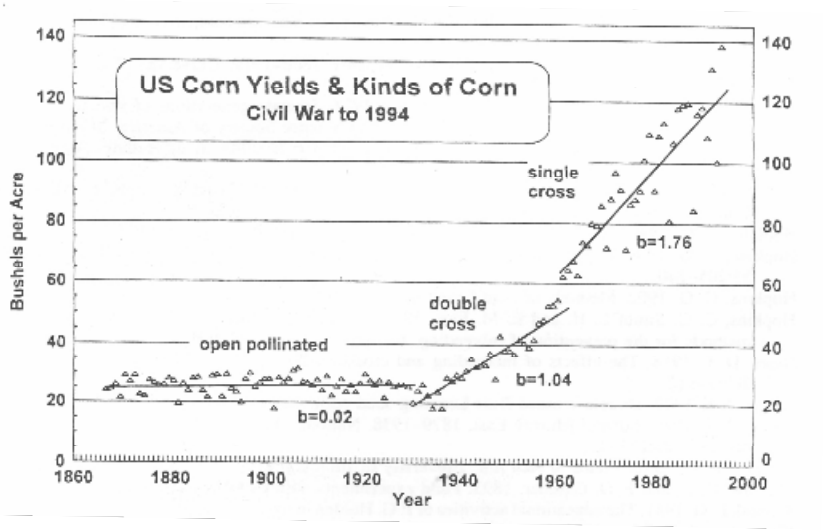


Figure 1 : Evolution des rendements en maïs aux Etats-Unis
(source : Troyer, 1995)

[1] On pourra aussi se référer au travail de Kloppenburg (Kloppenburg, 1988).

La réflexion présentée ici s'appuie sur une relecture des documents d'époque, à la lumière des analyses économiques qui ont pu en être proposées et des connaissances actuelles en génétique et sur les méthodes de sélection. Elle intègre aussi des éléments de réflexion de collègues généticiens américains sur le sujet (Duvick, 2001 ; Troyer, 1995). Trois points seront abordés successivement : 1) le contexte technique et scientifique de l'invention du concept (formulé en 1908 aux Etats-Unis) ; 2) l'essor de la sélection et des hybrides aux Etats-Unis puis en France ; 3) les facteurs du succès des hybrides chez une espèce. Cette dernière partie abordera les conditions techniques et socio-économiques dans lesquelles d'autres méthodes de sélection et types de variétés peuvent être envisagés.

1. Contexte technique et scientifique de l'invention du concept

L'essor du concept de variétés hybrides est très étroitement lié à la culture du maïs aux Etats-Unis. Il est important de rappeler que celle-ci s'est développée à partir de populations végétales cultivées sur le continent américain à l'époque de la Découverte, et non pas, comme pour d'autres espèces tel le blé, à partir de variétés importées d'Europe. Les colons ont tout d'abord cultivé ces populations, puis développé des variétés originales alliant les caractères d'adaptation environnementale (précocité de floraison notamment) de ce matériel avec des caractéristiques de productivité apportées par du matériel tropical ou sub-tropical. Il a ainsi été développé progressivement des nouvelles variétés adaptées à toutes les conditions environnementales allant du golfe du Mexique au sud du Canada (cf. Annexe 1). L'ensemble de ce processus a été réalisé en ayant recours à des croisements, souvent raisonnés, entre variétés de différents types, suivis d'une sélection massale (cf. Annexe 2) au sein des populations nouvellement créées. Ces nouvelles variétés, qui restaient des populations génétiquement variables, ont tout d'abord été créées par des agriculteurs, appuyés à la suite du Homestead act de 1862 (Crabb, 1993 ; Kaspi, 1986) par les stations de recherches publiques du Corn-Belt. Certaines de ces variétés ont pu être diffusées de façon importante, telle Reid Yellow Dent, créée en 1847. Les premières statistiques sur la productivité du maïs aux Etats-Unis remontent à 1865 et ne rendent pas réellement compte de cette période décisive de création de nouvelles variétés, qui supposerait à notre sens des évaluations agronomiques spécifiques.

Ce matériel génétique original a ensuite fait l'objet d'intenses efforts de sélection massale. On peut noter à ce niveau la mise en place de concours agricoles destinés à récompenser les plus beaux épis, les corn-show (Voir Berlan, 1999b). On constate malgré ces efforts une stagnation de la productivité par unité de surface jusqu'aux années 1930. Celle-ci peut s'expliquer pour partie par un essor des problèmes de maladies, masquant le progrès génétique. D'autres éléments vont toutefois dans le sens d'un progrès génétique très faible, tels les résultats de Morrow and Gardner (1893), qui comparent sept versions de la variété Leaming ayant subi ou non une sélection massale et ne trouvent pas de différence de productivité. Cette stagnation peut s'expliquer pour une large part par la très faible efficacité de la sélection massale pour améliorer des caractères à faible héritabilité comme la productivité d'une plante individuelle (voir Annexe 2 et Gallais, 2000).

Différents acteurs ont cherché, dans ce contexte, à améliorer l'efficacité de la sélection : des chercheurs académiques de la côte est, des chercheurs des stations de recherche publiques, des agriculteurs (tels Eugène Funk, qui rend visite à de Vilmorin vers 1890). Parmi un certain nombre de travaux plus anecdotiques, tels les mélanges variétaux (Morrow and Gardner, 1893), on notera tout d'abord les hybrides de populations, testés par Beal dans le Michigan à partir de 1878 à la suite des travaux de Darwin (Beal, 1880), puis à la station expérimentale de l'Illinois par Morrow and Gardner (1893). Les résultats montraient un gain de productivité de l'ordre de 10 à 15% relativement aux populations parentales[2]. Les méthodes de production de semences hybrides par isolement et castration ont été inventées dès cette époque. Ces variétés ont été préconisées par les chercheurs qui les ont testées, mais n'ont pas eu de développement réel à l'époque.

[2] Les chiffres donnés par Beal sont +51% par rapport aux parents pour l'expérimentation de 1878, et d'environ 10% pour les expérimentations de 1879 ("… as 109 67-100 exceeds 100, or nearly ten per cent in favor of crossed stock") et 1880 (Beal, 1880). Morrow and Gardner (1893) trouvent quant à eux une augmentation moyenne de 9 bu/a par rapport au parent moyen (moyenne des parents de 66). D'autres expériences du même type sont mentionnées dans Collins (1910).

On peut par ailleurs noter l'influence indiscutable des méthodes utilisées en France par de Vilmorin pour la sélection du blé (concept d'isolement) et de la betterave. C'est ainsi qu'est lancée en 1896 une expérience extrêmement célèbre de sélection pour la qualité du grain de maïs à la station expérimentale de l'Illinois (créée en 1888). Les chercheurs, notamment Hopkins, à l'origine de cette expérience étaient des chimistes et n'avaient à la base aucune formation en génétique ni en amélioration des plantes. Ils ont constaté que la méthode du carottage d'échantillons utilisée sur des betteraves par de Vilmorin avait été efficace pour augmenter les teneurs en sucre. Ils ont adapté la méthode au maïs en analysant un échantillon de grain d'un épi et en semant à la génération suivante des grains issus des épis sélectionnés, et qualifié cette méthode d'"épi-ligne" (Hopkins, 1899). Cette approche a rapidement été efficace pour les caractères sélectionnés, mais a conduit à une forte perte de productivité liée à l'augmentation de la consanguinité dans ces matériels (cf. lettre de East à Shull du 4 février 1909, *in* Jones, 1945).

L'invention du concept théorique de variété hybride par Shull (1908) s'inscrit dans cette logique, en bénéficiant d'influences multiples : le concept de de Vilmorin d'isolement du meilleur génotype possible au sein des variétés existantes, sa difficulté à le mettre en œuvre chez le maïs du fait de la dépression de consanguinité, les travaux de Darwin sur l'hybridation, les expériences d'hybridation de populations de maïs citées précédemment[3] et des travaux comparables chez les animaux. Ils s'inscrivent aussi dans le contexte scientifique des travaux et concepts récents sur l'hérédité, dont la redécouverte des lois de Mendel et les travaux de de Vries. Shull conduisait à cette époque des programmes sur le maïs à Cold Springs Harbor sur l'éclatement de la variabilité sous l'effet de l'autofécondation, inspirés des expériences de Johannsen (1903) sur la séparation des formes. Le concept de variété hybride est formulé très clairement par Shull (1908) dans son fameux article "The composition of a field of maize" de la façon suivante :

- une population de maïs est un mélange d'hybrides simples ("… an ordinary corn-field is a series of very complex hybrids produced by the combination of numerous elementary species") ;
- on peut multiplier ces hybrides à l'identique si l'on crée des lignées homozygotes qui deviennent des sources de gamètes reproductibles ("Self-fertilization soons eliminates the hybrid elements and reduces the strain to its elementary components") ;
- sélectionner parmi tous les hybrides possibles celui qui présente la plus grande vigueur permet de progresser par rapport à la population initiale.

Ce raisonnement permet d'appliquer le concept de sélection par isolement au maïs, malgré la dépression de consanguinité.

La méthode est évaluée de façon expérimentale par Shull (1909) dès la campagne de culture 1908. Il met en évidence un avantage très clair des hybrides F1 par rapport à la moyenne de leurs parents, de l'ordre de 300%. Il est à noter qu'il ne trouve par contre pas d'avantage significatif des hybrides par rapport aux populations d'origine (77 bu/a pour les hybrides, contre 75 environ pour la moyenne des populations d'origine), ce qui peut s'expliquer que le fait que les lignées utilisées n'avaient pas fait l'objet de sélection. Il obtiendra des résultats du même type pour huit hybrides expérimentés lors de la campagne 1909 (Shull, 1910), et constatera lors de cette même expérimentation la baisse de productivité (-8 bu/a) et l'importance des ségrégations dans la génération F2, relativement à la F1. Suite à cet ensemble de résultats (voir Annexe 2 pour une interprétation liée à l'origine du matériel), Shull (1909) conclut qu'il faut sélectionner les lignées pour leur aptitude à donner de bons hybrides : développer un grand nombre de lignées (possibilité d'efforts mutualisés entre les stations), faire toutes les F1 et les tester dans différents environnements. On peut noter qu'il présente dans cette même publication de 1909 le schéma de production de semences par isolement et castration[4]. Il considère alors que l'évaluation de l'intérêt économique des hybrides (coûts de la production de semences relativement au gain de productivité) et la mise en œuvre des programmes sont du ressort des stations expérimentales du Corn-Belt.

[3] A noter que cette influence probable n'était pas reconnue explicitement par Shull.
[4] d'après Shull (1910), il n'avait pas alors connaissance des travaux sur le sujet de Beal (1880) et de Morrow and Gardner (1893).

Des expériences comparables sont conduites de façon indépendante par East lors de la même campagne 1908 (East, 1909). East, chimiste à l'origine, avait été formé à l'Université de l'Illinois, puis avait démarré dans le Connecticut un programme destiné à analyser la dépression de consanguinité observée dans les expériences de l'Illinois (East, 1908). En croisant les lignées issues de ses travaux, East obtient, à la différence de Shull, des résultats spectaculaires : jusqu'à 202 bu/a pour des hybrides entre lignées issues des populations différentes Leaming et Burr White, contre 63 pour la moyenne des lignées parentales, alors que les populations cultivées à l'époque avaient une productivité d'environ 100 bu/a (Troyer, 1995). East recommande sur cette base l'utilisation de variétés hybrides par les agriculteurs. Il faut noter que les questions d'antériorité ont fait l'objet de vives polémiques entre Shull et East[5], et que Collins (1910) a aussi apporté une contribution contemporaine au sujet. D'autres points, tel le niveau de fixation des lignées qu'il est nécessaire d'obtenir, ont aussi fait l'objet de débats (Shull, 1910). Quoi qu'il en soit, les concepts théoriques et méthodologiques exposés par Shull, ainsi que les résultats de East, ont posé les bases d'une nouvelle approche de la sélection chez le maïs, dont les principaux acteurs seront les élèves de East.

Les travaux de Shull et East ont été motivés au départ par la recherche de nouvelles approches de sélection et plus particulièrement par l'application des principes de sélection par isolement en présence de dépression de consanguinité. Ces recherches ont de plus mis en évidence un avantage spectaculaire des hybrides relativement à la moyenne de leurs lignées parentales, phénomène qui sera nommé hétérosis par Shull en 1914, lors d'une conférence à Göttingen (Shull, 1914, 1946, 1948). Les deux hommes ont contribué aux premières hypothèses explicatives de ce phénomène. East (1909), frappé par le caractère continu de la perte de vigueur sous l'effet de l'augmentation de la consanguinité, spécule sur la perte de synergies entre composés chimiques. Shull (1909) observe de son côté que la sélection des plus beaux épis lors des générations d'autofécondation retarde la fixation des lignées et conclut à une relation entre vigueur et degré d'hétérozygotie. Cet avantage de l'état hétérozygote à un locus est maintenant connu sous le nom de superdominance, suivant la terminologie de Hull (1946). L'école de génétique quantitative anglaise s'empare du sujet et propose alors la dominance à plusieurs locus comme hypothèse explicative de la vigueur hybride (croisement entre populations) et de sa perte dans la génération suivante (Bruce, 1910 ; voir aussi Keeble and Pellew, 1910). Toutefois, contrairement à la plupart des observations, on attend sous cette hypothèse l'apparition de génotypes aussi performants que l'hybride initial et une dissymétrie des distributions dans les ségrégations obtenues par autofécondation (Shull, 1911a). Jones (1917) réalise alors une excellente synthèse de l'état des connaissances de l'époque : le déterminisme polygénique des caractères, la dominance et le linkage (vue chromosomique de l'hérédité depuis Morgan en 1915) peuvent expliquer les distributions observées. Le sujet des bases génétiques de l'hétérosis et des parts relatives de la dominance et de la superdominance reste aujourd'hui complexe (Crow, 1998 ; Duvick, 2001). On peut toutefois noter que Jones, acteur majeur du développement des hybrides, proposait un modèle de l'hétérosis ouvert et qui reste d'actualité. Les premières théories spéculatives d'East et Shull ont pu être un facteur de motivation pour la voie hybride, mais la démarche de Shull reste valable sous toutes les hypothèses possibles, dans la mesure où la sélection de lignées homozygotes performantes n'est pas possible à l'échelle de temps de la sélection.

2. Essor des hybrides et de la sélection aux Etats-Unis et en France

Malgré les travaux précédents et les calculs de Collins (1910) montrant que le coût de production des semences hybrides serait plus que compensé par les gains de productivité, les responsables de la sélection du maïs à l'USDA sont alors opposés au développement des hybrides et la sélection massale reste la méthode de référence de l'organisme jusqu'en 1921 (Wallace, 1955). Celle-ci fait alors l'objet d'une activité intense dans les stations de recherche publiques et les universités, conduisant à la création de nouvelles variétés populations. Shull a pour sa part arrêté de travailler sur le maïs en 1916 (Shull, 1946), considérant que c'était aux stations expérimentales de prendre le relais à la suite de ses travaux

[5] voir les échanges épistolaires entre les deux hommes dans Jones (1945), ainsi que l'analyse de Berlan (1998a, 1998b). Un point important est le "gentleman agreement" de 1910 entre les deux hommes pour éviter que des querelles personnelles nuisent à l'avancement du programme hybride auquel ils croyaient tous les deux.

théoriques. Le travail sur la sélection hybride reste alors limité à quelques chercheurs enthousiastes (Duvick, 2001) et en particulier à une petite école autour de East, qui devient professeur à Harvard, mais poursuit une collaboration avec Hayes et Jones, de la station expérimentale du Connecticut. Un apport majeur de cette école a été le développement des hybrides doubles (Jones, 1918). Les lignées de maïs de l'époque étaient très peu vigoureuses, ce qui rendait difficile la production en grande quantité de semences hybrides. Pour faire face à ce problème, Jones a eu l'idée de créer des hybrides simples (F1), et de croiser ces derniers pour créer un hybride double. Les hybrides F1 étant nettement plus vigoureux que les lignées de départ, cette approche facilite considérablement la production de quantités de semences importantes (cf. Duvick, 2001, pour une illustration). On peut noter que cette pratique va à l'encontre des concepts initiaux de sélection par isolement. Les premiers hybrides doubles testés n'ont toutefois pas montré de baisse de rendement par rapport aux meilleurs hybrides F1 possibles[6].

La réelle explosion de la sélection hybride a lieu peu de temps après ces travaux, en 1922. On peut alors parler réellement d'un choix stratégique et politique, au-delà d'initiatives individuelles brillantes[7]. Les programmes de sélection du maïs conduits par la recherche publique changent alors d'orientation sous l'influence de Henry C. Wallace, depuis peu secrétaire d'Etat à l'Agriculture du gouvernement Roosevelt[8] (et père du futur fondateur de la firme Pioneer). En février 1922, Richey est nommé responsable du programme maïs de l'USDA en remplacement de Hartley, qui restait en faveur de la sélection massale et des "corn-shows". Le changement de politique se concrétise par le démarrage en 1922 de programmes de grande ampleur dans l'Iowa sous la responsabilité de Jenkins (Crabb, 1993 ; Hallauer, 1990) et le recrutement de nombreux autres "hybrideurs" (12 environ au départ, puis de l'ordre de 100, Jenkins, 1936, cité par Berlan, 1999c ; Duvick, 2001). En parallèle à ce développement de programmes publics, on assiste dès les années 1920 au démarrage des premiers programmes privés, notamment par Holbert chez Funk et par Henry A. Wallace (fils de Henry C.). Ces derniers seront à l'origine de la création de la société Pioneer en 1926. On entre alors dans une phase de mise en œuvre enthousiaste, comparable à celle qui aura lieu plus tard en France (décrite par A. Cauderon, ce volume). Elle se traduit par le foisonnement de l'activité de création de lignées dans tous les programmes mentionnés précédemment, suivie du test de très nombreuses combinaisons hybrides (Hallauer, 1990 ; Wallace, 1955). Il faut noter à ce niveau une circulation extrêmement libre des lignées publiques, qui permettait le test de combinaisons hybrides entre des lignées de différentes origines. L'ensemble de cette activité a conduit, à partir des années 1922-24, à l'identification d'hybrides présentant un avantage répétable d'environ 10% par rapport aux meilleures variétés population de l'époque[9].

L'ensemble des acteurs mentionnés précédemment est alors définitivement convaincu de l'intérêt de la nouvelle approche par rapport aux pratiques antérieures de sélection massale. Il restait à la mettre en œuvre à grande échelle. Plusieurs systèmes de production de semences ont été testés en parallèle (Crow, 1998 ; Duvick, 2001) : des agriculteurs ont produit eux-mêmes des hybrides doubles à partir d'hybrides simples achetés aux stations expérimentales publiques, des structures spécialisées sont mises en place : organisation de Pioneer en 1926 par H.A. Wallace, confiant suite aux succès de "Cooper cross", mais aussi de très nombreuses petites sociétés (Duvick, 2001). Les premières cultures significatives de variétés hybrides ont été semées dans l'Iowa en 1933, représentant cette année 0,7% des surfaces cultivées en maïs. On assiste alors à un développement exponentiel des variétés hybrides, qui représentent dès 1942 99% des surfaces cultivées en maïs dans cet état (cf. Figure 2). Les structures de production mises en place chez Dekalb et Pioneer à partir de 1936 ont contribué de façon importante à ce développement, mais jusqu'à 305 sociétés indépendantes (en 1955) produisent des semences, certaines ayant un impact local important malgré leurs faibles parts de marché (Duvick, 2001).

---

[6] Ce résultat peut s'expliquer par la complémentarité entre les origines des lignées utilisées, cf. Annexe 2.

[7] "If we had had a rigid hierarchy of government during the last quarter of the nineteenth and the first quarter of the twentieth century, I very much doubt if we would have had hybrid corn today." (Wallace, 1955).

[8] voir Kaspi (1986), pour une description du contexte politique général : période de stagnation (maladie de Wilson) entre la fin de la guerre 14-18 et les élections de 1920.

[9] En 1922, Cooper Cross (hybride simple de Wallace entre une lignée de Jones et une lignée de Richey) montre un bon comportement dans le concours de rendement organisé par Wallace (Berlan, 1999a). En 1924, les premiers tests régionaux montrent un avantage net (+10 bu/a) des meilleures variétés hybrides par rapport aux meilleures variétés populations (Troyer, 1995).

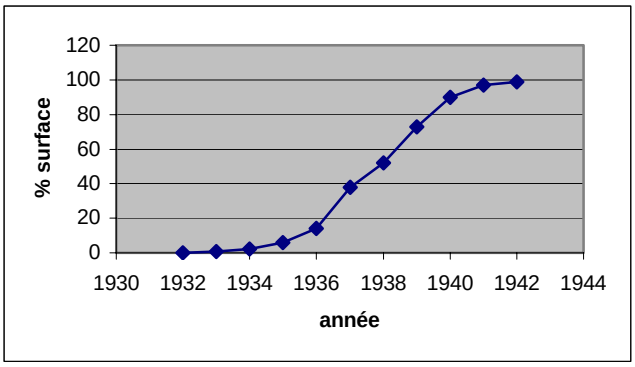


Figure 2 : Evolution de la part des variétés hybrides dans les surfaces cultivées en maïs dans l'Iowa entre 1932 et 1942 (source : Crabb, 1993)

On assiste corrélativement à un essor de la productivité (Figure 1), dont 60% ont pu être attribués au progrès génétique (Duvick, 1977 ; Russel, 1974 ; cités par Crow, 1998). Lors de cette phase de développement des variétés hybrides doubles, les efforts de recherche en génétique continuent. De nouvelles lignées, dites de second cycle, sont créées à partir des lignées de première génération (obtenues directement à partir des variétés traditionnelles). La vigueur et la performance de ces lignées augmentent et rendent possible à partir des années 1960 la production d'hybrides F1. De nombreuses améliorations sont de plus apportées aux méthodes de sélection : la sélection sur testeur (Jenkins and Brunson, 1932), dont l'intérêt pour sélectionner des lignées présentant une bonne "aptitude générale à la combinaison" est établi par Sprague et Tatum (1942) ; la sélection récurrente dont le concept est dû à Hull (1945), l'essor des statistiques lié en particulier aux travaux de Fisher (Crow, 1998), et la mécanisation de l'expérimentation (cf. A. Gallais, ce volume) contribuent à expliquer l'accélération des progrès de productivité.

Nous passerons rapidement sur la dimension historique du développement des hybrides de maïs en France, par ailleurs traité dans ce volume par F. Thomas et par A. Cauderon, acteur majeur de ce développement, pour nous intéresser ici plus particulièrement aux aspects génétiques de ce développement (voir aussi Cauderon, 1980). Des Français s'intéressent à la sélection hybride en cours de développement aux Etats-Unis dès les années 1920 et un congrès est organisé sur ce thème à Pau en 1930 (cf. Encadré). On assiste dès cette époque au choix stratégique de développer des lignées à partir du matériel européen, en vue de leur croisement avec les lignées créées aux Etas-Unis. Les premiers travaux conduits dans ce sens à Saint-Martin de Hinx seront détruits au cours de la guerre et les premières lignées issues du matériel européen seront créées après-guerre à la station de Versailles. Les hybrides entre ce matériel et des lignées américaines montrent alors un gain extrêmement net par rapport aux hybrides américains précoces venant du Wisconsin, confirmant tout l'intérêt de l'idée de départ et la complémentarité entre les deux types de matériel (Cauderon, ce volume). De façon schématique, les lignées européennes amènent dans ce cas une adaptation aux conditions climatiques locales et les lignées américaines un gain de productivité obtenu lors d'un processus de sélection plus ancien. On notera à ce niveau le rôle déterminant de la population Lacaune comme source de lignées européennes, ainsi que la valeur exceptionnelle de la lignée F2 relativement au potentiel de la population Lacaune (Dubreuil, 1996). Cet exemple illustre de façon remarquable (i) l'intérêt de la voie hybride pour exploiter les complémentarités qui peuvent exister entre certaines origines génétiques et (ii) l'intérêt des échanges de lignées pour créer des hybrides adaptés à de nouvelles conditions.

3. Explications *a posteriori* du succès des hybrides et la question des alternatives

Au-delà des concepts théoriques de départ et des faits historiques, il est intéressant d'analyser a posteriori les facteurs explicatifs du développement des hybrides. Nous aborderons dans un premier temps les explications d'ordre génétique, puis les autres facteurs, techniques ou économiques. Nous discuterons enfin la question des alternatives possibles à la voie hybride.

Eléments sur le développement des hybrides en France

En 1930, le maïs est cultivé en France sur 300 000 ha, essentiellement dans le sud-ouest, la Bresse et l'Alsace. Il faut noter qu'il était cultivé sur 700 000 ha en vers 1850. Ce recul peut notamment s'expliquer par les gains de productivité obtenus par sélection chez les espèces autogames (Cauderon, 1980). De façon schématique, ce matériel résultait d'introductions anciennes à partir des Caraïbes et de la côte nord-est des actuels Etats-Unis, restées "pures" (telles les "Northern Flint" en Alsace) ou ayant conduit par hybridation à des populations spécifiquement européennes (Gauthier *et al.*, 2002 ; Rebourg *et al.*, 2003) adaptées aux conditions environnementales locales.

Le développement des hybrides en zone de culture traditionnelle

Il faut noter un intérêt précoce pour les travaux américains, qui s'est traduit en 1930 à Pau par un congrès "international" du maïs (en l'absence de représentants américains). Carles de Carbonnières (1930) y présente une intervention sur les hybrides qui constitue une bonne synthèse des connaissances de l'époque. Il suggère que les croisements entre des lignées dentées et des lignées issues des populations locales européennes seront intéressants. On peut, pour l'anecdote, noter dans cette communication des propositions personnelles et originales pour "prédire" la performance des F1 à partir du phénomène de xénie[10]. André de Vilmorin souligne l'intérêt de cette présentation pour les plantes allogames. Suite à une résolution votée lors de ce congrès, la station expérimentale du maïs est créée à Saint-Martin de Hinx. Les programmes sont suivis par le professeur Luc Alabouvette (Montpellier)[11] :

- De 1932 à 1939 : tri de populations de pays en croisement sur testeurs lignées nord-américaines, premières autofécondations. L'ensemble de ce matériel a été perdu pendant la guerre.

- Reprise des travaux en 1943 et rattachement à l'INRA en 1947 : introduction et test d'hybrides américains à partir de 1945 (plan Marshall), sélection de premières lignées ; mise au point de la maintenance des lignées et de la production de semences à grande échelle.

Il faut noter que les hybrides de maïs ne se développeront réellement dans le sud-ouest que vers le milieu des années 1960 avec les hybrides tardifs de l'INRA 400 et 508, puis les hybrides privés[12]. Le sud-ouest développe par contre la production de semences pour les agriculteurs du nord.

L'essor du maïs dans la zone nord

Il est important de noter que les hybrides de maïs se sont tout d'abord développés dans le Bassin parisien, avec des hybrides précoces importés des Etats-Unis (W240 et W255). La culture du maïs dans cette région, qui n'était pas une zone traditionnelle de culture, explique pour une large part l'expansion de la culture, de 300 000 à 700 000 ha de maïs, entre 1950 et 1960[12].

Les programmes de création de lignées précoces européennes sont mis en place après-guerre à Versailles (à l'époque INA, pas encore INRA), à l'initiative de J. Bustarret, et conduits par A. Cauderon. L'idée est là aussi dès le départ d'obtenir des hybrides de productivité intéressante en croisant des lignées (mâles) précoces à des lignées (femelles) tardives et productives. Ce choix stratégique n'avait rien d'évident à l'époque et rencontrait un certain scepticisme (Cauderon, 1980). Les premiers hybrides obtenus à partir de ce matériel: (INRA200, INRA258, INRA260) sont lancés entre 1957 et 1960 et supplantent très vite, grâce à un rendement supérieur de 20% environ, les hybrides précoces du Wisconsin (W240, W255). Ces hybrides précoces sont rapidement adoptés par des exploitations céréalières. Les surfaces de maïs atteignent 1 500 000 ha vers 1970, essentiellement du fait de l'essor de la culture en zone nord.

[10] Comparaison, pour une même lignée maternelle, du poids des grains obtenus par croisement par rapport à celui des grains obtenus par autofécondation.

[11] L'analyse des premiers travaux de la station n'est pas facile du fait de la perte de documents pendant la guerre. A. Boyat et A. Panouillé (ex-directeur du domaine) m'ont adressé de mémoire les éléments repris ici. Il n'est pas aisé de savoir si les premiers travaux ont aussi porté sur la sélection massale de populations de pays telles que Grand Roux Basque.

[12] Cf. communication de D. Raillard, Assemblée générale de Seproma 2002.

3.1. Explications génétiques

La possibilité, grâce aux hybrides, de multiplier à l'identique un même génotype a été envisagée au départ essentiellement comme un moyen d'isoler un génotype particulièrement intéressant au sein d'une population. Cette possibilité a de plus permis de mettre en place des évaluations sur la moyenne de plusieurs plantes et non plus sur une plante individuelle comme c'était le cas pour la sélection massale de l'époque. Le gain de précision apporté par cette évolution a joué à mon sens un rôle déterminant dans les premiers progrès obtenus par les "hybrideurs", relativement à la stagnation de la sélection massale observée à l'époque. Les chercheurs de l'époque ont ainsi été sensibilisés à l'importance de l'expérimentation, la notion de répétition, la notion de dispositifs expérimentaux, etc. Outre ce gain de précision, le développement des hybrides a permis l'évaluation d'un même génotype dans différents milieux, et donc une sélection pour la tolérance à différents types de stress. La plus grande stabilité conférée par cette tolérance accrue à des stress apparaît d'ailleurs a posteriori comme une composante majeure de l'augmentation de productivité (Duvick, 2001).

La mise en place de la sélection hybride a aussi permis d'appliquer chez le maïs une très forte intensité de sélection, sans que celle-ci entraîne la dépression de consanguinité qui aurait été obtenue en appliquant les méthodes autogames. Cette sélection est de plus réalisée en deux temps. Les lignées sont tout d'abord sélectionnées sur des caractéristiques de valeur propre liées à la production des semences et pour leur "aptitude à la combinaison", c'est-à-dire leur aptitude à donner des bons hybrides. On sélectionne ensuite les variétés commercialisées au sein des nombreux hybrides possibles. L'ensemble du processus confère une intensité de sélection extrêmement forte.

Enfin, le troisième facteur déterminant est la valorisation des complémentarités entre des origines génétiques et des programmes de recherche. L'avantage des hybrides entre lignées obtenues à partir de populations différentes (ex. Lancaster et Reid Yellow dent pour la culture dans le Corn-Belt) est bien établi et pouvait être anticipé au vu des résultats de Beal (1880) et de Morrow et Gardner (1893) sur l'avantage des croisements inter-populations. Dès 1910, Collins remarque qu'au Texas il est intéressant de croiser des variétés hautement sélectionnées du nord avec des variétés locales (Collins, 1910). Le même phénomène est illustré de façon spectaculaire par le développement d'hybrides précoces originaux en France obtenus en croisant des lignées américaines avec des lignées issues des variétés traditionnelles européennes. De tels groupes sont qualifiés de groupes d'aptitude à la combinaison, ou groupes hétérotiques, et constituent un élément déterminant du savoir-faire des sélectionneurs de variétés hybrides. Cette complémentarité entre origines pour créer des variétés adaptées à des environnements spécifiques est sans doute la composante du phénomène d'hétérosis la plus intéressante d'un point de vue agronomique, et est valorisée de façon optimale par la voie hybride[13].

Il faut enfin noter que l'hétérosis, mesuré comme l'avantage de l'hybride par rapport à la moyenne de ses lignées parentales, est resté remarquablement stable au cours du temps. L'amélioration régulière de la productivité des hybrides a été accompagnée d'une augmentation de la valeur propre des lignées (Duvick, 2001). L'analyse des bases génétiques du phénomène d'hétérosis a fait l'objet de nombreux travaux (Crow, 1998) et reste un sujet scientifique d'actualité. On peut classer à mon sens les phénomènes en cause en deux ensembles, selon leurs conséquences appliquées. Le premier concerne la complémentarité entre origines génétiques mentionnée précédemment. Celle-ci résulte très probablement d'une combinaison d'effets : superdominance au sens strict, complémentation d'allèles dominants favorables à des locus différents, pseudo-superdominance liée à des associations entre locus (cf. hypothèse de Jones 1917, qui peut être illustrée par des résultats récents obtenus chez la levure par Steinmetz *et al.*, 2002), interactions entre locus (épistasie) et interactions entre génotype et environnement. Le second concerne la persistance d'un certain "fardeau génétique", lié à un ensemble de mutations récessives faiblement délétères prises isolément, mais dont l'effet cumulatif est très important. Cette composante de l'hétérosis est sans doute la plus spectaculaire. Elle n'affecte pas directement l'intérêt de la culture d'hybrides relativement à celle de populations qui étaient peu affectées par la dépression de consanguinité (Rebourg *et al.*, 2001). La voie hybride présente toutefois l'intérêt déterminant de pouvoir pratiquer de très fortes intensités de sélection pour des caractères favorables

[13] On peut noter que cet intérêt était anticipé par Shull dès 1909, p. 58.

sans que ces effets aient de conséquences négatives et/ou que les sélectionneurs soient obligés de consacrer l'essentiel de leurs efforts à l'élimination des mutations en cause.

3.2. Facteurs techniques et économiques

A la fois aux Etats-Unis et en France, le développement des hybrides s'est inscrit dans un contexte d'évolution très rapide de l'agriculture, liée à une forte volonté politique d'atteindre l'autosuffisance alimentaire (Cauderon, 1980). Celle-ci s'est concrétisée par de très forts investissements dans la recherche en génétique (création de stations de recherche publiques dans un premier temps), mais aussi le développement de structures de production de fertilisants, de matériel, etc. Le progrès général des techniques et particulièrement la mécanisation conduisent alors à une évolution des facteurs limitants de la production. Cette mécanisation ne commence en effet réellement dans le Corn-Belt qu'avec le Big Deal de 1938 et la généralisation des "corn-pickers" (Troyer, 1976). Jusque là, l'ensemble de la production de maïs était récolté manuellement par la main d'œuvre familiale des exploitations d'octobre à mi-décembre, voire début janvier. Ces exploitations faisant de l'ordre de 60 hectares au démarrage du Homestead act, le principal facteur limitant la production de maïs était la main d'œuvre disponible. Dans un tel contexte de récolte manuelle, le poids de grain d'un épi (qui constituait d'ailleurs le critère déterminant des "corn-show") était a priori plus limitant que le rendement par unité de surface. Ce dernier critère devient par contre déterminant avec l'essor de la mécanisation et contribue à expliquer l'intérêt pour les gains de productivité apportés par les hybrides aux Etats-Unis. On peut d'ailleurs noter à ce niveau que le progrès réalisé en termes de productivité par unité de surface a été obtenu en grande partie par l'adaptation des variétés à une culture à forte densité (Dwyer *et al.*, 1991 ; Gallais, 2002). L'histoire du développement des hybrides en France vient en appui à ce raisonnement : ils se sont développés rapidement dans les exploitations céréalières fortement mécanisées du Bassin Parisien et seulement plus tard dans le sud-ouest. On notera enfin que les régions d'Europe où les hybrides ne se sont pas développés (Galice, nord du Portugal, certaines régions italiennes) pratiquent encore une récolte manuelle. L'intérêt combiné des hybrides et de la récolte mécanique était pressenti par H.A. Wallace dès le début des années 20 (Wallace, 1955).

Un second point important est le développement d'une logique de spécialisation au sein du secteur agricole : achat de matériel agricole, des engrais… Cette logique a probablement conduit de nombreux agriculteurs à préférer déléguer l'activité de sélection et de production de semences à d'autres (phénomène bien discuté par Cauderon, 1980), qui ont vu de leur côté dans la production de semences et/ou la sélection hybride une activité motivante et profitable. Cette spécialisation a permis la mise en place de filières de production garantissant la qualité des semences, tant au niveau génétique que sanitaire. On notera enfin l'importance, particulière en France, des systèmes de contrôle de la qualité des semences.

3.3. Dans quelles situations existe-t-il des alternatives ?

La question des alternatives à la voie hybride est centrale dans le débat entre économistes et généticiens. De façon générale, l'intérêt économique d'un type variétal dépend du coût de production des semences et des écarts de productivité entre types variétaux (Berlan, 1999c ; Berlan and Lewontin, 1986 ; Gallais and Rives, 1993). On peut noter que la sélection de variétés lignées pour une espèce allogame qui présente une très forte dépression de consanguinité, comme le maïs, n'est actuellement considérée par personne comme une véritable alternative à la voie hybride. La création de telles variétés supposerait en effet des efforts considérables pour éliminer une partie du "fardeau génétique" mentionné précédemment, au détriment de la sélection pour des caractères d'intérêt. Dans le cas du maïs, le débat porte donc sur la sélection de variétés hybrides produites par des structures spécialisées, relativement à la sélection récurrente de variétés populations ensuite auto-produites par les agriculteurs.

La sélection récurrente de variétés de populations peut être efficace pour améliorer la productivité, si elle implique (i) des tests de descendance et non une évaluation sur plante individuelle et (ii) une expérimentation multilocale précise. Son efficacité chez le maïs peut être illustrée par les programmes conduits depuis les années 1960 en milieu tropical par des centres internationaux comme le CIMMYT.

Une synthèse récente sur l'efficacité de différents programmes de sélection récurrente montre des progrès de rendement de l'ordre de 0,5 à 0,9 q/ha/an pour la sélection sur descendance (Coors, 1999)[14]. Une perception globale de la sélection récurrente, ne distinguant pas sélection massale et sélection sur descendance (cf. Annexe 1), a amené J.P. Berlan à considérer (i) que les progrès de productivité auraient été supérieurs si les efforts consacrés à la sélection hybride avaient été consacrés à la sélection massale de variétés populations et (ii) qu'il y avait eu un choix délibéré de la voie hybride influencé par l'intérêt économique de sociétés privées et les théories de l'époque sur l'hétérosis (Berlan, 1999d). Cette analyse appelle deux remarques fondamentales.

Il faut tout d'abord rappeler le contexte scientifique et technique du développement et de la mise en œuvre de la sélection hybride. La seule sélection récurrente envisagée à l'époque était la sélection massale. Les concepts qui déterminent l'efficacité des méthodes de sélection récurrente mentionnées précédemment sont postérieurs (1945 environ) au développement des hybrides et ont été influencés par l'expertise de la sélection qui s'est mise en place avec le développement de la sélection hybride, notamment pour l'intérêt des répétitions dans la précision d'estimation de la valeur des candidats à la sélection. La mise en œuvre de tels programmes suppose de plus un très haut niveau de technicité : centralisation du traitement de l'information, et optimisation raisonnée du compromis entre intensité de sélection et développement de la consanguinité. Il n'y a donc pas eu dans ce contexte historique de réelle situation de choix entre la sélection hybride et une sélection récurrente efficace. Le choix stratégique fait en 1922 par Wallace a été réalisé entre la sélection hybride, dont les concepts et les premiers résultats apparaissaient prometteurs, et la sélection massale, dont l'inefficacité apparaissait de plus en plus nette.

Aujourd'hui, une sélection récurrente bien conduite de variétés populations et la sélection hybride permettent toutes deux d'obtenir *des progrès significatifs*. La sélection récurrente de variétés populations peut être efficace si elle est conduite par des instituts de recherche maîtrisant l'ensemble des concepts nécessaires et bénéficiant de moyens expérimentaux relativement importants. Elle peut être intéressante pour des agricultures recherchant une amélioration de la productivité mais qui ne sont pas encore entrées dans une phase de spécialisation. La synthèse réalisée par Coors (1999) sur différents programmes de sélection récurrente illustre que la sélection hybride permet d'accélérer le progrès. De toutes les méthodes comparées, les plus efficaces sont les méthodes de sélection récurrente "réciproques", permettant d'exploiter et de développer la complémentarité de deux populations, en vue de la production d'individus hybrides. Dans la sélection hybride classique, cette approche est mise en œuvre *de facto* au travers de structuration en "groupes hétérotiques" des programmes de sélection de lignées de maïs, et l'utilisation de testeurs appropriés. Enfin, la création d'hybrides F1 permet de détecter et multiplier à l'identique un génotype particulièrement intéressant, parmi l'ensemble des individus qui peuvent être créés par croisement de deux populations ou groupes génétiques, ce qui apporte un gain supplémentaire.

On notera pour conclure que l'évolution des programmes d'un organisme comme le CIMMYT illustre que la sélection de variétés populations et la sélection de variétés hybrides peuvent correspondre, pour une région donnée, à deux phases successives. Dans ce cas, la création de populations adaptées aux conditions environnementales et aux besoins et usages locaux de la région peut servir de base à la création de lignées originales. Ces lignées peuvent alors être croisées avec des lignées d'autres origines, apportant des caractéristiques complémentaires de productivité, conduisant à des hybrides particulièrement intéressants.

[14] On peut noter pour être complet que cette même synthèse inclut des expériences de sélection massale ayant présenté en moyenne une efficacité de 0,8 q/ha/an. Cette efficacité importante relativement à la stagnation de productivité observée entre les années 1865 et 1930 appelle une analyse plus complète, mais peut s'expliquer en partie par la biais vers la publication de résultats positifs et, pour certains programmes, une certaine confusion entre progrès génétique dû à la sélection ou à l'introduction de matériel élite au sein de la population. On notera enfin que les progrès les plus importants sont obtenus pour des méthodes de sélection récurrente permettant de développer la complémentarité entre deux populations en vue de la création d'hybrides, jusqu'à 1,16 q/ha/an.

Conclusion

Est-il possible de tirer du fait hybride des enseignements pour l'avenir de l'amélioration des plantes ?

Le fait hybride constitue un remarquable exemple de genèse d'une innovation et illustre les rôles conjoints du contexte scientifique, des facteurs individuels, des choix stratégiques institutionnels, ainsi qu'une très grande importance du contexte technique et sociétal dans l'adoption de l'innovation. Cette évolution rapide a été accompagnée d'une prise de conscience remarquable de l'intérêt de préserver les variétés qui allaient disparaître. Les fait historiques mettent en relief la clairvoyance de cette préservation des ressources génétiques qui nous paraît aujourd'hui "naturelle". Ils doivent sans doute nous inciter à réfléchir (Cauderon, 1980) à l'importance de la dimension patrimoniale de ces ressources, utilisées dans les nouveaux programmes, mais dont la disponibilité à l'ensemble de la société est restée garante de la réversibilité des choix. Enfin, au niveau technique et scientifique, la voie hybride a permis de répartir l'activité de sélection entre de nombreux créateurs de lignées, puis d'établir des synergies entre ces programmes en assemblant des lignées complémentaires en vue d'objectifs ciblés. Cette stratégie d'assemblage d'unités génétiques individualisées a probablement contribué de façon importante au succès de l'innovation. Elle fait actuellement l'objet de nouveaux développements avec l'identification "post-génomique" d'allèles d'intérêt et de leur sélection assistée par marqueurs.

Annexe 1 : Eléments sur le matériel génétique utilisé lors du développement des hybrides aux Etats-Unis

Cette annexe présente de façon détaillée des matériels génétiques mentionnés dans le texte. Elle vise à donner des éléments d'explication sur l'impact du matériel génétique sur les résultats, parfois très divergents (cf. East vs. Shull), des expériences ayant joué un rôle déterminant, et à rassembler des informations s'adressant à des lecteurs plus particulièrement intéressés par le maïs.

Les données archéologiques et historiques montrent qu'un groupe génétique homogène (Northern Flints-Flours = north-eastern complex = maïs à huit rangs) était cultivé à l'époque de la découverte sur l'ensemble de la côte est, du nord de la Floride au Canada[15]. L'existence plus ponctuelle d'autres types a pu être mise en évidence dans les Grandes Plaines (actuel Corn-Belt), mais il n'existe pas de restes archéologiques précolombiens en bordure du golfe du Mexique.

Le maïs utilisé par les colons depuis 1608 sur la côte est (Kaspi, 1986) est tout d'abord de la race Northern Flint. La première mention d'autres types dentés, proches de types mexicains, remonte à 1705 pour la Virginie, 1753 pour la Louisiane, et sont décrits en 1813 sous le nom de Gourdseed (Brown and Anderson, 1947, 1948). Ces variétés sont productives (jusqu'à 34 rangs), mais très tardives. L'intérêt des croisements entre ces variétés et les variétés Northern Flint, plus précoces, a clairement été perçu et a fait l'objet d'une grande activité. Lorain décrit très clairement dès 1825 l'effet du "dosage" des deux types. Des variétés ayant eu un grand impact sont créées à partir de ces travaux : Reid Yellow Dent en 1847 ; Leaming en 1856… (Andersen and Brown, 1952 ; Wallace and Bressman, 1925). Une enquête de 1850 réalisée par le bureau des brevets donne une image très claire des variétés préférées dans les différentes régions : culture des "hybrides" très répandue en général et Northern Flint d'origine confinés dans les états du nord-est où leur précocité les favorise. Les observations isoenzymatiques sont cohérentes avec ces éléments (Doebley *et al.*, 1988). La sélection (massale) *à l'intérieur* des variétés populations est tout d'abord réalisée par un nombre limité d'agriculteurs, suivis ensuite par la recherche publique (cf. Minnesota 13, diffusée en 1896).

Les écrits de Shull ne mentionnent pas explicitement à notre connaissance l'origine du matériel utilisé dans ses programmes. Les illustrations et éléments du texte de Shull (1909) montrent toutefois que la souche "A" était de type Northern Flint (épis à 8 rangs) alors que la souche "B" était d'un type différent, probablement un denté classique. L'utilisation du matériel Northern Flint, a priori dépassé agronomiquement par le matériel denté de l'époque, explique probablement que le rendement des hybrides entre lignées A et lignées B ait été peu impressionnant par rapport aux rendements des populations de l'époque. Il est important de noter que ce matériel n'avait pas été sélectionné. Les travaux de l'Illinois ont été conduits sur les populations Burr White et Leaming,

[15] Cf. Recherches de Monique Chastanet (communication personnelle), Brown and Anderson (1947), Ruhl (1993).

qui étaient par contre parmi les meilleures variétés de l'époque. Les résultats de ce programme stimulent les travaux ultérieurs de East sur la consanguinité (autofécondations dans Burr White et Leaming démarrées en 1905 dans l'Illinois, a priori dans les populations de départ et non dans le matériel sélectionné). On peut noter que les hybrides présentant les meilleurs résultats (202 bu/a) dans les expériences de East étaient obtenus pour les croisements entre lignées d'origines différentes (Burr x Leaming). Les travaux déterminants de Jones sur les hybrides doubles ont été conduits sur un matériel comparable, par croisement entre des hybrides simples entre lignées issues de la population Burr par des hybrides simples entre lignées issues de la population Leaming en 1917 (Jones, 1918), comparés avec des témoins hybrides simples. Contrairement aux craintes initiales, ces hybrides doubles ne présentaient pas de perte de rendement significative par rapport aux hybrides simples, ce qui peut s'expliquer pour une large part par l'origine différente des hybrides simples croisés.

Annexe 2 : Sélection récurrente ou sélection massale : un point de sémantique non anodin dans le débat entre généticiens et économistes

L'analyse d'économistes tel J.P. Berlan repose pour une large part sur le postulat que les progrès de productivité auraient été supérieurs si les efforts consacrés à la sélection hybride avaient été consacrés à la sélection massale de variétés populations, et qu'il y avait donc eu un choix délibéré de la voie hybride, influencé par l'intérêt économique de sociétés privées et les théories de l'époque sur l'hétérosis. Il semble important à ce niveau de préciser la notion de sélection massale, relativement à d'autres modalités de sélection récurrente.

- La sélection récurrente est définie de façon générale par un processus itératif alternant des phases (i) d'évaluation d'individus et (ii) de croisement des meilleurs individus pour former la génération suivante.
- La sélection massale est un cas particulier de sélection récurrente, où l'évaluation est réalisée directement sur les individus (par exemple la "beauté" de l'épi produit par une plante) et les croisements se produisent au hasard au sein du champ. Il s'agit de la forme la plus simple de sélection récurrente, pratiquée de façon très ancienne (depuis la domestication) pour l'ensemble des espèces végétales cultivées présentant une reproduction sexuée.

De nombreuses autres versions de la sélection récurrente sont apparues à partir des années 1940 (Hull, 1945). Elles impliquent toutes une évaluation des individus candidats à la sélection au travers de la performance moyenne de leur descendance : familles "S1" obtenues par autofécondation, descendance hybride obtenue par croisement avec un "testeur"… (cf. Coors, 1999 pour une synthèse de programmes expérimentaux conduits chez le maïs).

De façon générale, le progrès génétique obtenu à un cycle de sélection dépend de trois facteurs (voir Gallais, 1990, p. 227) : la variance génétique au sein du matériel sélectionné, le taux de sélection (proportion des individus évalués retenue pour former la génération suivante), et enfin l'héritabilité du caractère obtenue avec le type de descendance retenue (part de la variation observée d'origine génétique). Ce dernier paramètre peut être amélioré de façon très importante en évaluant un caractère non pas sur une plante unique (sélection récurrente massale), mais sur la moyenne de nombreux descendants (sélection récurrente sur descendance). La sélection à partir d'évaluation de descendances accélère considérablement le progrès génétique pour des caractères présentant une héritabilité très faible au niveau individuel.

Il est important de noter que les concepts et méthodes de sélection récurrente sur descendance sont apparus postérieurement aux concepts de sélection hybride, et ont très vraisemblablement été influencés par l'analyse des acquis de la sélection hybride. Dans le contexte historique de développement des hybrides (entre 1908 et le début des années 30), les deux seules voies connues pour la sélection du maïs étaient donc la sélection massale et la sélection hybride telle qu'elle était pratiquée à l'époque (développement de lignées puis étude des croisements).

Remerciements. *Je remercie très sincèrement tous ceux qui m'ont aidé pour la documentation utilisée pour cet exposé, et qui ont contribué à mes réflexions sur le sujet, en particulier J.P. Berlan et A. Gallais, ainsi que B. Andreau, P. Boistard, A. Boyat, A. Charrier, M. Chastanet, P. Dubreuil, D. Duvick, J. Fiévet, J.P. Monod, S. Oppenshaw, A. Panouillé, D. Raillard, C. Rebourg, F. Troyer, dont les contributions et l'aide m'ont été précieuses. Je tiens enfin à remercier P. Boistard et l'ensemble des organisateurs pour m'avoir incité à conduire cette réflexion, et I. Savini, pour son aide et sa patience, sans lesquelles cette version écrite n'aurait pas existé.*

Bibliographie

Anderson E., and W.L. Brown, 1952, The history of the common maize varieties of the united states corn belt. *Agricultural History* **26**: 2-8.

Beal W.J., 1880, Indian corn, pp. 279-289. *Reports of Michigan board of agriculture*, pp. 279-289.

Berlan J.P., 1998a, East et Shull : la mystification des "hybrides". *Campagnes solidaires* **124**: 24-25.

Berlan J.P., 1998b, L'accord secret (1910). *Campagnes solidaires* **125**: 24-25.

Berlan J.P., 1999a, La dynastie Wallace. *Campagnes solidaires* **128**: 28-29.

Berlan J.P., 1999b, Le quiproquo des concours de beauté. *Campagnes solidaires* **127**: 26-27.

Berlan J.P., 1999c, Political economy of agricultural genetics, in *Thinking about evolution: historical, philosophical and political perspectives*, edited by R. Singh, K. Krimbas, D. Paul and P. Beatty. Cambridge university press, Cambridge.

Berlan J.P., 1999d, Quelle politique "semencière" ? *OCL* **6**: 168-179.

Berlan J.P., and R. Lewontin, 1986, Breeders'rights and patenting life forms. *Nature* **322**: 785-788.

Brown W.L., and E. Anderson, 1947, The Northern flint corns. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **34**: 1-28.

Brown W.L., and E. Anderson, 1948, The Southern Dent Corns. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **25**: 255-274.

Bruce A.B., 1910, The Mendelian theory of heredity and the augmentation of vigor. *Science* **827**: 627-628.

Carles de Carbonnièes M.F., 1930, La première génération du maïs hybride, pp. 7-14 in *1er congrès international du maïs*, Pau.

Cauderon A., 1980, Génétique, sélection et expansion du maïs en France depuis trente ans. *Cultivar* (n° spécial sur le maïs) **133**: 13-19.

Collins G.N., 1910, Increased yields of corn from hybrid seeds, pp. 319-328 in *Yearbook of the department of agriculture*. United Stated Department of Agriculture.

Coors J.G., 1999, Selection methodology and heterosis, in *The genetics and exploitation of heterosis in crops. Proceedings of an international symposium, CIMMYT, Mexico City, Mexico, 17-22 August 1997.*

Crabb R., 1993, *The hybrid corn makers*. Rutgers University Press, New Brunswick.

Crow J.F., 1998, 90 years ago: The beginning of hybrid maize. *Genetics* **148**: 923-928.

Doebley J.F., J.D. Wendel, J.S.C. Smith, C.W. Stuber and M.M. Goodman, 1988, The origin of Cornbelt maize: the isozyme evidence. *Economic Botany* **42**: 120-131.

Dubreuil P., 1996, Etude de l'apport de marqueurs RFLP pour l'analyse de la diversité génétique et sa structuration chez le maïs (*Zea mays* L.). Relations avec les caractéristiques agronomiques de populations traditionnelles, Thèse de doctorat de l'Université Paris XI Orsay.

Duvick N.D., 1977, Genetic rates of gain in hybrid maize yields during the pas 40 years. *Maydica* **22**: 187-196.

Duvick N.D., 2001, Biotechnology in the 1930s: the development of hybrid maize. *Nature Reviews Genetics* **2**: 69-74.

Dwyer L.M., M. Tollenaar and D.W. Stewart, 1991, Changes in plant density dependence of leaf photosynthesis of maize (*Zea mays* L.) hybrids, 1959 to 1988. *Canadian Journal of Plant Science* **71**: 1-11.

East E.M., 1908, Inbreeding in corn. *Connecticut Agricultural Experimental Station Report*, 1907-1908, pp. 419-428.

East E.M., 1909, The distinction between development and heredity in inbreeding. *American Naturalist* **43**: 173-181.

Gallais A., 1990, *Théorie de la sélection en amélioration des plantes*. Masson, Paris.

Gallais A., 2000, Les variétés hybrides sont-elles justifiées ? *OCL* **7**: 5-10.

Gallais A., 2002, Progrès génétique chez le maïs. *Le sélectionneur français* **53**: 23-33.

Gallais A., and M. Rives, 1993, On choosing the varietal type in consideration of the farmer's economic point of view. *Agronomie* **13**: 711-722.

Gauthier P., B. Gouesnard, J. Dallard, R. Redaelli, C. Rebourg *et al.*, 2002, RFLP diversity and relationships among traditional European maize populations. *Theor Appl Genet* **105**: 91-99.

Hallauer A.R., 1990, Methods used in developing maize inbreds. *Maydica* **35**: 1-16.

Hopkins, C. G., 1899, Improvement in the chemical composition of the corn kernel. *Illinois Agricultural Experimental Station Bulletin* **55**: 205-240.

Hull F.H., 1945, Recurrent selection for specific combining ability in corn. *Journal of the American Society of Agronomy* **37**: 134-145.

Hull F.H., 1946, *Journal of the American Society of Agronomy* **38**: 1100-1103.

Jenkins M.T., and A.M. Brunson, 1932, Methods of testing inbred lines of maize in crossbred combinations. *J. Am. Soc. Agron.* **24**: 523-530.

Johannsen W., 1903, *Uber Erblichkeit in Populationen und in reinen Linien*. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Jones D.F., 1917, Dominance of linked factors as a means of accounting for heterosis. *Genetics* **2**: 466-479.

Jones D.F., 1918, The effects of inbreeding and cross-breeding upon development. *Connecticut Agricultural Experiment Station Bulletin* **207**: 1-112.

Jones D.F., 1945, Bibliographical memoir of Edward Murray East, in *Bibliographical memoirs*. National Academy of Science.

Kaspi A., 1986, *Les Américains. I. Naissance et essor des Etats-Unis 1607-1945*. Seuil.

Keeble F., and C. Pellew, 1910, The mode of inheritance of stature and of time of flowering in peas (*Pisum sativum*). *J. Genet*. **1**: 47-56.

Kloppenburg J.R., Jr., 1988, *First the seed. The political economy of plant biotechnology, 1492-2000*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

Morrow G.E., and F.D. Gardner, 1893, Field experiments with corn 1892. *Illinois Agricultural Experimental Station Bulletin* **25**: 173-203.

Rebourg C., M. Chastanet, B. Gouesnard, C. Welcker, P. Dubreuil *et al.*, 2003, Maize introduction into Europe: The history reviewed in the light of molecular data. *Theoretical and applied genetics* **106**: 895-903.

Rebourg C., B. Gouesnard and A. Charcosset, 2001, Large scale molecular analysis of traditional European maize populations - Relationships with morphological variation. *Heredity* **86**: 574-587.

Ruhl D.L., 1993, Old Customs and Traditions in New Terrain: 16th and 17th C. Archeobotanical Data from La Florida, pp. 255-283 in *Foraging and Farming in the Eastern Woodlands*, edited by C. M. Scarry. University Press of Florida, Gainesville.

Russel W.A., 1974, Comparative performance for maize hybrids representing different eras of maize breeding. *29th Annu. Corn Sorghum Res. Conf.*, pp. 81-102

Shull G.H., 1908, The composition of a field of maize. *American Breeders Association Reports* **4**: 296-301.

Shull G.H., 1909, A pure line method in corn breeding. *American Breeders Association Reports* **5**: 51-59.

Shull G.H., 1910, Hybridization methods in corn breeding. *American Breeders Association Reports* **6**: 63-72.

Shull G.H., 1911, The genotypes of maize. *American Naturalist* **45**: 234-252.

Shull G.H., 1914, Duplicate genes for capsule form in *Bursa bursa-pastoris*. *Z.I.A.V.* **12**: 97-149.

Shull G.H., 1946, Hybrid seed corn. *Science* **103**: 547-550.

Shull G.H., 1948, What is heterosis ? *Genetics* **33**: 439-446.

Sprague G.F., and L.A. Tatum, 1942, General vs. specific combining ability in single crosses of corn. *J. Am. Soc. Agron*. **34**: 923-932.

Steinmetz L.M., H. Sinha, D.R. Richards, J.I. Spiegelman, P.J. Oefner *et al.*, 2002, Dissecting the architecture of a quantitative trait locus in yeast. *Nature* **416**: 326-330.

Troyer A.F., 1995, Early Illini corn breeders: their quest for quality and quantity, pp. 56-67 in *Annual Corn Industry Research Conference*. ASTA, Washington DC.

Troyer F., 1976, Breeding corn and harvestability, Presentation to the American Society of Agricultural Engineers, Moline, Illinois, November 11, 1976.

Wallace H.A., 1955, Public and private contributions to hybrid corn - Past and future, pp. 107-115 in *Tenth hybrid corn research conference*, edited by W. Heckendorn and J. Gregory. American Seed Trade Association, Chicago, Illinois.

Wallace H.A., and E.N. Bressman, 1925, *Corn and corn growing*. Wallace publishing company, Des Moines.

L'introduction et l'expansion des hybrides en France, 1930-1970

Frédéric Thomas

Mauny, 22630 Le Quiou
thomasfth@wanadoo.fr

Chercheur associé au Centre Alexandre Koyré, F. Thomas a achevé une thèse sur la gestion forestière dans le contexte colonial en Asie du Sud-Est. Il se consacre depuis aux enjeux environnementaux dans les relations "Nord/Sud". Il écrit aussi avec Christophe Bonneuil un ouvrage sur l'histoire de la génétique et de l'amélioration des plantes à l'INRA. Le cas du maïs constitue un chapitre de ce futur ouvrage qui illustre l'intérêt de la perspective historique pour reconsidérer les rapports sciences, techniques, société.

La présente communication reprend de l'exposé de Christophe Bonneuil l'idée que se succèdent à l'INRA trois périodes et trois ou quatre *régimes* de production des connaissances en génétique et amélioration des plantes. L'introduction des maïs hybrides en France constitue alors une étude de cas située à la charnière des deux premières périodes (1946/60 et 1960/80). Elle permet par conséquent de tester l'hypothèse d'une coexistence de deux régimes de la recherche à l'INRA dans l'immédiat après-guerre et jusque dans les années soixante, à savoir : un mode administré de la recherche (essentiellement sollicitée par les pouvoirs publics dans une période de reconstruction de l'agriculture nationale) et un mode cogestionnaire (avec une profession agricole qui devient de plus en plus active dans l'orientation des recherches).

Si l'introduction effective des hybrides de maïs en France se situe dans les années 50 et 60, il est apparu intéressant d'embrasser la période 1930-1970 pour s'interroger sur les raisons qui ont permis une diffusion très rapide de ces semences aux Etats-Unis entre 1922 et 1945, alors qu'elles restèrent ignorées en France à la même époque. Les acteurs et les spécialistes de cet épisode répondent que la commercialisation des hybrides de maïs aux Etats-Unis ne se faisant que dans les années 30, leur introduction en France a, en quelque sorte, été reportée à la Libération. Cette réponse appelle quatre remarques préliminaires qui constitueront, plus ou moins, le fil de cet exposé : 1) l'innovation hybride ne s'est pas imposée d'elle-même ; 2) elle a exigé un contexte d'accueil, des structures de valorisation qui se sont mises en place aux Etats-Unis dans les années vingt et trente ; 3) ces structures n'existaient pas en France durant les mêmes années ; 4) mais elles se sont mises en place, à partir de 1946, notamment grâce à l'INRA.

1. L'indifférence de la France aux idées américaines dans l'entre-deux-guerres

Aux Etats-Unis, la mise au point du principe d'hybrides de maïs s'étale entre 1909 et 1917[1]. Cependant, durant toute cette période, Alain Charcosset l'a rappelé, les hybrides de maïs coûtant trop cher, ils ne représentent pas un mode de sélection intéressant l'agriculture. Les travaux de East et de Shull sont d'ailleurs initialement tournés vers des questions "fondamentales" : Shull s'intéresse à la transmission du nombre de rangées de grains sur l'épis, East à la teneur en protéine. Ce n'est qu'en 1917, avec la mise au point d'hybrides doubles par Jones, que la possibilité de faire de la sélection hybride une voie de sélection de semences s'ouvre véritablement.

Il faut cependant attendre encore une quinzaine d'années et le concours de nombreuses circonstances avant qu'il y ait un véritable boom hybride. Il a en effet fallu que Henry Cantwell Wallace développe un périodique diffusant cette technique de sélection (le *Wallace Farmer*), que ce même Wallace devienne secrétaire d'Etat à l'Agriculture sous la présidence de Harding en 1920, qu'il se fasse le chantre des travaux de son fils (Henry Agard) sur l'hybridation, que ce dernier mette en place, avec

[1] Voir l'exposé d'Alain Charcosset.

d'autres partenaires, l'Iowa Seed Company, puis en 1928 l'Hybrid Corn Company qui deviendra en 1935 Pioneer… Il faudra encore que le lobby hybride parvienne à convaincre les chercheurs des stations de l'USDA, parfois de manière très autoritaire, de se tourner vers la voie hybride et que le new-deal de Roosevelt, loin de remettre en cause cette orientation (Henry C. Wallace sera aussi Ministre de l'agriculture sous Roosevelt), poursuive cette politique tout au long des années trente pour que le succès des maïs hybrides soit définitivement assuré[2].

C'est précisément toute cette dynamique qui n'existe pas en France dans l'entre-deux-guerres, période durant laquelle, au contraire, la culture du maïs se marginalise. Alors que cette plante semble avoir occupé 600 000 ha en 1840, la sole n'est plus que de 300 000 ha dans les années trente. Conditions climatiques mises à part, le maïs ne parvient à se maintenir dans les rotations que dans les régions qui ont le moins bénéficié des progrès agricoles du 19e siècle : le Sud-Ouest, la Bresse, pour la France, la Roumanie, la Bulgarie, les régions méditerranéennes, à l'échelle de l'Europe. Les rendements progressent peu, 40% en un siècle, surtout si on les compare à ceux du blé ; tandis que les importations augmentent régulièrement, les colonies françaises, Madagascar et l'Indochine particulièrement, étant les principaux fournisseurs[3]. Pour faire face à ce recul des surfaces et à cette relative stagnation des rendements, on peut se demander pourquoi les "maïsiculteurs" du Sud-Ouest ne se sont pas intéressés à ce qui était en train de se dérouler aux Etats-Unis ?

Le premier congrès international du maïs, réuni à Pau en 1930, constitue une source pertinente pour répondre à cette question. Ce congrès est organisé par la Compagnie des Chemins de Fer du Sud-Ouest qui espère, en favorisant le redressement de cette culture, dynamiser ses propres activités[4]. La raison sociale de l'organisateur souligne déjà l'absence d'une communauté organisée de maïsiculteurs. Toutefois, cette rencontre est l'occasion d'échanges entre les professionnels, les représentants du Ministère et quelques professeurs de différents Instituts européens. Il y est notamment beaucoup question d'échanges de variétés qui devraient permettre un renouvellement de la croissance des rendements.

En l'absence de tout représentant des Etats-Unis, c'est surtout la communication de Carles de Carbonnières qui mérite, rétrospectivement, notre intérêt – "rétrospectivement", car sur le moment on ne lui prête guère d'attention[5]. Carles de Carbonnières commence son exposé en ces termes : "*Lorsque l'on croise deux variétés pures de maïs, les semences obtenues donnent en première génération (F1) des plantes d'une vigueur et d'une productivité exceptionnelle et d'une uniformité d'épis au moins égale à celle des races les mieux sélectionnées. Ce phénomène, dû à l'union de cellules reproductrices hétérogènes a reçu le nom d'Hétérosis*."[6] Il connaît bien son sujet et retrace les étapes de ces découvertes aux Etats-Unis (il cite notamment les travaux de Collins du Bureau of Plant Industry, ceux de l'Office Corn Investigation, des Dr. East, Shull et Jones…) Il explique encore très clairement que cette méthode de sélection implique de "*renouveler annuellement le croisement des deux géniteurs purs de l'hybride pour avoir la semence de l'année suivante*"[7] . Trois points sont ici à mettre en exergue : cette intervention n'était pas prévue initialement dans l'organisation du colloque ; son auteur est très au courant de ce qui se passe aux Etats-Unis ; cet exploitant du Tarn fabrique lui-même dans

[2] Jean-Pierre Berlan, *Recherche sur l'économie politique d'un changement technique : les mythes du maïs hybride*, Thèse d'Etat, Aix-en-Provence, 1987 ; Doborah Fitzgerald, *The business of breeding. Hybrid corn in Illinois*, Ithaca, Cornell University, 1990 ; Jean-Pierre Gay, *Fabuleux maïs, histoire et avenir d'une plante*, AGPM, 1984.

[3] Hubert de Baillenx, *La culture du maïs, Statistiques agricoles de la France, annexées à l'enquête de 1925*, Ministère de l'Agriculture, 1937.

[4] Georges Guyonnet, Charles Penic (dir), *Premier congrès international du Maïs*, Pau, 1930, 2 vol., 340 et 298 p.

[5] F. Carles de Carbonnières est exploitant à Fournès dans le Tarn, il est membre de la Chambre d'Agriculture du Tarn et de l'Association internationale des Sélectionneurs de Plantes de grande Culture. Il participe au Congrès en tant que simple adhérent et ne devait y faire aucune communication. Il intervient cependant dans la discussion après la communication de Ducomet et est invité par le président du Congrès, Eugène Rouart (Président de l'Office Régional d'Agriculture du Sud-Ouest), à présenter ses travaux à la séance du lendemain. Carles de Carbonnières reprend à cette occasion une communication qu'il a déjà faite en 1924 ou 1925 dans la *Revue de botanique appliquée* et qui est publiée dans les Comptes Rendus du congrès sous le titre "La première génération hybride du maïs", in CR du *Premier Congrès international sur le Maïs*, Pau, 1930, tome II, 7-15.

[6] F. Carles de Carbonnières, "La première génération hybride du maïs", in CR du *Premier Congrès international sur le Maïs*, Pau, 1930, tome II, p. 7.

[7] Ibid., p. 8.

son exploitation des hybrides par croisement d'une lignée Nicaragua et de lignées de populations de pays et il affirme obtenir d'excellents résultats en F1.

Cette communication bien que très novatrice passe totalement inaperçue. Jacques de Vilmorin affirme qu'elle montre bien "*l'importance qu'il y a à avoir des hybridations fréquentes sur la même plante*", ce qui revient à réduire l'hybridation à la première phase d'une sélection généalogique. Bref, les deux hommes ne parlent pas de la même chose. Le Professeur Ducomet fait preuve d'une meilleure écoute. Dans sa communication sur l'amélioration du maïs en France, il décrit ce que sont les croisements industriels et reconnaît que : "*dans le cas spécial du maïs, on peut fonder de grands espoirs sur les croisements avec seule multiplication des produits F1*". Cette méthode, précise-t-il encore : "*a conduit les Américains à des résultats si remarquables que Carles de Carbonnières a essayé de la vulgariser dans le Tarn*"[8]. Ducomet dit avoir, lui-même, procédé à des essais de ce genre en 1912-1913 (dates tout à fait étonnantes) en croisant des Blancs des Landes avec un maïs blanc denté dans le Lot-et-Garonne et il décrit les méthodes d'expérimentation qu'il convient de mener, mais, pour lui, comme pour Jacques de Vilmorin, l'obtention d'hybrides industriels à forte vigueur F1 doit être poursuivie par une sélection généalogique jusqu'en F5, génération où "*l'influence déprimante de l'autofécondation ne sera plus à redouter*"[9]. En d'autres termes, le professeur de l'INA n'envisage pas qu'un cycle de sélection puisse s'arrêter en F1. Au contraire, l'introduction de variétés nouvelles venues du Canada, des Etats-Unis, du Mexique, du Venezuela, de la Tchécoslovaquie, de la Roumanie, des Indes, du Laos et du Haut-Tonkin, etc., qu'il faut, selon lui, favoriser, ne doit se faire qu'en vue de "*l'obtention par hybridation suivie de sélection*"[10]. L'heure n'est pas à la voie hybride. Il semble même que la tradition française des Vilmorin et des Schribaux[11], concevant l'hybridation comme une opération de production de variabilité, créant des combinaisons nouvelles qu'il s'agit ensuite de fixer, joue comme un barrage à la pénétration de la "voie hybride". La sélection généalogique, qui occupe tous les efforts des généticiens, constitue donc une sorte de "paradigme" en dehors duquel rien n'est possible[12]. De fait, l'hybridation est loin d'être conçue comme un croisement planifié permettant de créer une combinaison précise.

Certes dans les années qui suivront, les idées vont évoluer. Grâce à la création de la première station d'amélioration du maïs à Saint-Martin-de-Hinx en 1932, Jean Piat procède à l'inventaire des populations de pays et il semble qu'il ait commencé à tester l'aptitude au croisement de lignées autofécondées, mais ces expériences perdues pendant la guerre n'auront guère de suite[13]. Notons aussi que, dans la dynamique du congrès de Pau, se crée l'AGPM en 1934, acte de naissance d'une communauté de maïsiculteurs. Plus généralement, les maïsiculteurs s'inscrivent, avec quelques années de retard seulement, dans un mouvement corporatif d'organisations agricoles par secteur de production (1907, Confédération générale des vignerons ; 1921, Confédération générale des planteurs de betteraves ; 1924, Association générale des producteurs de blés ; 1924, Confédération générale du lait…) qui est en train de changer profondément l'organisation du monde paysan[14]. Peu à peu, donc, le contexte d'accueil qui manquait jusqu'ici se construit ; il reste que, comparativement à la force de mobilisation qui a été nécessaire aux Etats-Unis, ces quelques acteurs restent impuissants à faire triompher la cause des hybrides en France.

---

[8] Ibid., p. 111.
[9] Ibid., p. 115.
[10] Vincent Ducomet, "De l'amélioration du maïs en France", in CR du *Premier Congrès international sur le Maïs*, Pau, 1930, p. 107.
[11] Jean Gayon & Doris T. Zallen, "The role of the Vilmorin Company in Promotion and Diffusion of The Experimental Science of Heredity in France, 1840-1920", *Journal of the History of Biology*, 31, 1998, 241-262.
[12] Michel Maylin, *Manuel pratique et technique de l'hybridation des céréales,* Paris, Maison Rustique, 1926, 159 p.
[13] Jean Piat, "L'amélioration du Maïs aux Etats-Unis", *Le sélectionneur Français*, 8, 1938, 109-115.
[14] Michel Gervais, Marc Jollivet, Yves Tavernier, *La fin de la France paysanne de 1914 à nos jours*, tome IV de Duby Georges, Wallon Armand (dir), *Histoire de la France Rurale*, Paris, Seuil, 1976, 666 p.

2. La place centrale de l'INRA dans l'introduction des maïs hybrides en France

Le paysage de l'après-guerre est bien différent. La "Reconstruction", le "Modèle américain", la "Planification", "l'aide Marshall", et bien sûr la création de l'INRA participent à un renversement total du point de vue d'avant-guerre.

Si le contexte général éclaire relativement bien la volonté d'augmenter les surfaces et les rendements dans le but d'assurer le plus rapidement possible "l'indépendance nationale", le choix hybride relève, cependant, de décisions techniques, financières et stratégiques appartenant à des experts. Parmi ces hommes, il faut d'abord souligner le rôle de Jean Bustarret[15] et de Luc Alabouvette qui rapportent d'une mission aux Etats-Unis l'image d'une agriculture extrêmement mécanisée, et d'une mécanisation qui passe par l'introduction de nouvelles semences à hauts rendements, comme les hybrides de maïs[16]. Une fois cette piste ouverte, l'introduction des hybrides américains va se faire en deux temps. De 1947 à 1951, il va s'agir d'importer des semences hybrides américaines, de les tester dans différentes régions françaises en les comparant aux variétés de populations pour montrer leur supériorité. A partir de 1951 et jusqu'en 1958, l'objectif est de créer des hybrides franco-américains en croisant les lignées américaines avec des lignées françaises. Les acteurs de ces deux périodes viennent, bien sûr, d'horizons différents, mais il convient de faire ressortir le rôle de premier ordre qu'ont joué les chercheurs du jeune INRA.

Durant la première phase, les chercheurs de l'INRA entament des essais aux quatre coins de la France, mais l'on peut discriminer ces régions en deux grands types :
- les régions d'implantation traditionnelle du maïs, dans lesquelles il s'agit de montrer que les hybrides peuvent atteindre des rendements supérieurs à ceux des variétés de populations ;
- les régions où la cultures du maïs n'est pas coutumière, et pour lesquelles il s'agit de chercher quels sont les hybrides américains les mieux adaptés aux conditions locales et susceptibles de rentrer en compétition du point de vue de la productivité avec le blé ou la betterave.

Dans les régions traditionnelles, Chalosse, Béarn, Pays Basque, les essais sont menés par Bertin, Alabouvette, Lascols. Ils comparent les hybrides au Grand Roux Basque, variété témoin très performante dans ces régions puisqu'elle peut donner dans les meilleures terres des rendements de 60 quintaux à l'hectare ! Dans les conditions les plus favorables aux hybrides, les résultats montrent que Iowa 4417, United 28, Wisconsin 464 peuvent atteindre des rendements supérieurs à ceux du Grand Roux Basque de 17 à 50% ! En Bresse, Georges Méneret compare les hybrides à une autre population témoin, le Jaune d'Auxonne. Les hybrides américains sont ici aussi supérieurs à la population témoin. Dans des terres moins favorables au maïs, notamment la région toulousaine et le Lauragais, la population témoin, le Blanc de Chalosse, bien adaptée à ces conditions difficiles, ne rend que 15 quintaux à l'hectare, mais les hybrides américains ne font pas mieux[17]. En affinant ces résultats d'ensemble, notamment en analysant les nombreux tableaux d'essais qui sont alors publiés dans les *Annales d'Amélioration des plantes*, il ressort que les conclusions des essais mettent le plus souvent en exergue la supériorité des hybrides américains, malgré des variétés régionales et saisonnières extrêmement fortes. Une année sèche, comme 1949, diminue fortement, par exemple, l'avantage des hybrides.

Le plus intéressant, toutefois, reste le protocole de ces essais. Les chercheurs doivent bien sûr aller vite, et s'il s'agit, pour eux, d'essayer les hybrides par rapport à quelques populations témoins, il ne s'agit pas de faire l'inverse. Ainsi, on essaie toujours beaucoup d'hybrides en cherchant les procédés culturaux qui leur conviennent le mieux (date des semis, écartements, fumures, etc.), par rapport à une seule variété de population dont on ne recherche pas, par définition, les conditions optimales de cultures. En Bresse, par exemple, Georges Méneret entreprend, dès 1949, des essais visant à optimiser les rendements de *Wisconsin 255* par rapport au *Blanc de Bresse* en cherchant l'écartement des semis le plus favorable à

[15] Alors Directeur de la station centrale de Versailles et bientôt Inspecteur général de l'agriculture (1949), avant de devenir Directeur de l'INRA (1962 à 1972).

[16] Centre des Archives Contemporaines (Fontainebleau), Fonds de la Direction de la Production et des Marchés (devenu DPE), CAC 870238 11-13, Missions aux USA, Documents tirés des missions françaises aux USA. Alabouvette & Rautou, "Sur les possibilités d'utilisation en France de certains hybrides américains de maïs", *C.R.A.A.F.*, 1949, 219-222.

[17] L. Alabouvette, P. Bertin, J. Dumail, J. Piat, S. Rautou, "Condition de culture du maïs et expérimentation des variétés dans le Sud-Ouest et le Midi" et G. Méneret, "Quelques aspects de la culture du maïs grain en Bresse", in *INRA, La culture du maïs hybride en France*, INRA, coll. Actualité Agronomique, n° 1, 1951, 22-41.

l'hybride. Il démontre que la supériorité de W 255 sur la variété de pays, faible pour des densités de semis de 16 000 plantes à l'hectare, devient forte avec des densités de 32 000 plantes à l'hectare[18]. Peu à peu, on glisse ainsi d'un protocole d'expérimentation censé comparer les rendements hybrides à ceux des populations de pays, à des protocoles qui consistent à mettre au point les procédés culturaux qui conviennent le mieux aux hybrides. On accumule ainsi des connaissances sur les hybrides qu'on ne cherche pas, dans le même temps, à obtenir sur les variétés locales.

Dans les régions où le maïs n'est pas implanté traditionnellement, il n'est nul besoin de multiplier les essais pour les comparer aux variétés locales. L'objectif est encore plus clairement de trouver les conditions optimales d'utilisation de ces semences[19]. Paraissent ainsi des cartes de France établissant des correspondances de précocités pour les hybrides entre la France et les Etats-Unis (le réchauffement printanier plus fort dans ce dernier pays assure une germination plus rapide et par conséquent une maturation plus rapide du grain) et indiquant les limites régionales convenant le mieux aux hybrides américains. Enfin, en région parisienne, et particulièrement au CNRA de Versailles, des préoccupations nouvelles voient également rapidement le jour, puisque dès 1949, André Cauderon entend produire, à partir de populations de pays particulièrement précoces et résistantes, des lignées françaises pour les croiser avec les lignées américaines qui, il l'a signalé, circulent librement entre les chercheurs.

On aboutit ainsi à la deuxième phase, durant laquelle les chercheurs vont dresser l'inventaire des populations de pays, non pas pour les améliorer, mais parce qu'elles constituent le réservoir duquel sortiront les futures lignées françaises. Cette nouvelle étape, qui débute de manière informelle en 1949 et se poursuit plus systématiquement à partir de 1951, marquait le commencement d'un cycle de sélection qui devait prendre six ou sept ans avant de parvenir à la production des premiers hybrides INRA par croisement de lignées françaises et américaines[20]. Deux lignées françaises promises à un bel avenir, F2 et F7, sont les fruits de ce travail. C'est ainsi que, peu à peu, les chercheurs de l'INRA vont mettre en place leur propre méthode de sélection des lignées en se distinguant de celles des Américains. Alors qu'aux Etats-Unis une sélection sévère était pratiquée dès le "stade lignée" par des "early testing" qui visaient à éliminer le matériel ne présentant pas une bonne aptitude à la recombinaison[21], ces tests ne parurent pas nécessaire aux Français car le degré d'endémicité des variétés de pays, beaucoup plus élevé qu'aux Etats-Unis, devait assurer une aptitude à la recombinaison plus certaine. Ainsi, dans le cas particulier de la France, c'est la recherche de caractères d'adaptation, au froid notamment de manière à obtenir des variétés très précoces, et non la productivité qui va devenir le principal critère de sélection des lignées, le critère de productivité n'étant travaillé que dans la phase croisement[22]. C'est à partir de ce protocole que André Cauderon et Xavier Lascols obtiennent, dès 1953-1954, les premiers hybrides *trois voies* nés du croisement d'une lignée française et de deux lignées américaines. Leurs rendements sont équivalents à ceux des hybrides américains mais leur résistance au froid est beaucoup plus grande. Cette étape essentielle a permis, de fait, de repérer les lignées américaines les plus aptes à la recombinaison avec des lignées française (il s'agit des lignées H et J, deux des quatre lignées de W 255). Ce sont elles que l'on retrouvera en 1957 dans INRA 200, le premier hybride INRA inscrit au catalogue, puis dans INRA 258, l'année suivante, dont les rendements seront supérieurs d'environ 15% à ceux de leurs cousins américains.

Pour cette deuxième phase, à côté de ce succès, il convient encore de pointer l'important effet de fermeture qu'une orientation de recherche implique par rapport aux autres voies possibles de sélection. Les différentes recherches sur le maïs convergeant vers la mise au point d'hybrides franco-américains, c'est toute l'amélioration des variétés de pays qui est par conséquent abandonnée.

---

[18] G. Méneret, "Quelques aspects de la culture du maïs grain en Bresse", in *INRA, La culture du maïs hybride en France*, INRA, coll. Actualité Agronomique, N° 1, 1951, p. 65-66.

[19] A. Cauderon, "Essais de culture maïs grain dans la région parisienne", in *INRA, La culture du maïs hybride en France, INRA*, coll. Actualité Agronomique, N° 1, 1951, 73-82.

[20] L. Alabouvette, "Amélioration de la culture du maïs et problème de choix des variétés", in *INRA, La culture du maïs hybride en France*, INRA, coll. Actualité Agronomique, N° 1, 1951, p. 17.

[21] G. F. Sprague, "Early testing of inbred lines of corn", *Journal of American Society of Agronomy*, XXXVIII, 1946, 108-117.

[22] Xavier Lascols, "Etude de quelques populations françaises de maïs précoce : essais de valeur hybride", *Annales d'Amélioration des plantes*, 1957, 2, 138-157 ; Xavier Lascols, "Sélection réciproque et maïs hybride précoce franco-américaine", A.A.P., 1959, 3, 395.

3. Les modes administrés de la recherche : logiques de mobilisation et logique de cogestion

Le succès de l'introduction des semences hybrides de maïs en France dans l'immédiat après-guerre ne s'explique cependant pas par la seule recherche. Actifs, le Ministère et les professionnels organisent l'importation de ces semences bien avant que les généticiens du DGAP n'aient livré les premiers résultats de leurs recherches. La Direction de la production et des marchés du Ministère de l'agriculture, en contact avec l'USDA et avec des firmes américaines, planifie dès 1947 l'importation des quantités de semences américaines nécessaires à l'approvisionnement des paysans français. Ainsi, les premières semences hybrides de maïs débarquent en France en 1948 grâce à un programme de la FAO. La même année, la United Brevet Association livre gratuitement deux tonnes de semences hybrides, elle se positionne ainsi sur un marché prometteur et, en 1950, cette même compagnie réussit à écouler 200 tonnes de semences de maïs hybride fourrage, alors même que les essais INRA mettaient en doute l'intérêt d'introduire ce type de maïs dans l'Ouest de la France[23]. Le plan Marshall assure aussi l'importation massive de semences de maïs ; ainsi, en 1950, sur 400 000 dollars de semences de maïs qui sont acheminées vers la France, un tiers sont des hybrides[24]. Pour les Etats-Unis, la priorité du plan Marshall étant l'équilibre de la balance des comptes à l'horizon 1952, il s'agit moins de rendre l'agriculture française dépendante des semences américaines que de faire de l'agriculture française un "secteur stratégique" exportateur finançant l'importation de biens d'équipement dans le secteur industriel[25].

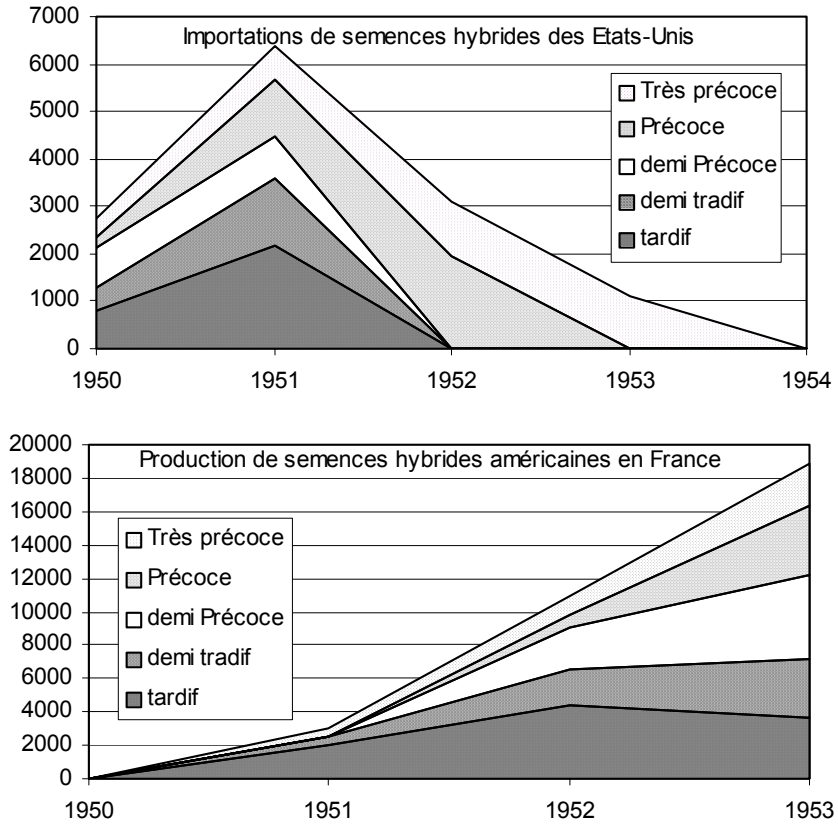


Figure 1 : Substitution des importations de semences de maïs par production d'hybrides américains sur place entre 1950 et 1954 (en quintaux)

[23] R. Diehl, "Essai sur le maïs fourrage dans l'Ouest", in *INRA, La culture du maïs hybride en France*, INRA, coll. Actualité Agronomique, n° 1, 1951.
[24] CAC 870238 / 41 Maïs hybrides de 1949-54, Sous-dossier Importation de semences de maïs d'USA.
[25] Michel Gervais, Marc Jollivet, Yves Tavernier, *La fin de la France paysanne de 1914 à nos jours*, tome IV de Duby Georges, Wallon Armand (dir), *Histoire de la France Rurale.* Paris Seuil, 1976, p. 108-109.

La Direction de la production du Ministère, répondant aux objectifs du plan Marshall, va rapidement s'inquiéter de l'importance que prennent les importations de semences de maïs hybrides (Figure 1.a) et, dès 1949, elle affiche sa volonté de les diminuer en produisant ces semences sur place. Ce défi, comme on le voit sur la figure 1.b, est spectaculairement relevé. Il mobilise beaucoup d'énergies et constitue finalement un levier particulièrement efficace pour constituer une filière maïs. P. Protin à la Direction de la production, voit les choses très simplement : à l'INRA de déterminer les lignées américaines qui doivent être importées, à l'ONIC de réaliser ces importations et de les distribuer aux syndicats et coopératives multiplicatrices, à l'Etat d'assurer la répression des fraudes via le CTPS créé depuis 1942. Il s'agit aussi de repérer à l'intérieur des groupements d'agriculteurs existants, premièrement, les exploitations les plus aptes à multiplier les lignées, deuxièmement, celles susceptibles de multiplier les hybrides simples, troisièmement, celles capables de multiplier les hybrides doubles[26]. Une répartition du travail est en quelque sorte organisée par le Ministère qui tend à mobiliser les troupes et à organiser ce que le monde agricole avait longtemps refusé : un encadrement de la production par une tutelle administrative stimulant l'innovation technique.

De fait, en 1949, lors du deuxième congrès international du maïs, les semences hybrides sont le centre des discussions. Comme en 1930, ce congrès se réunit à Pau, mais cette fois-ci, il est organisé par l'AGPM et l'UNCAC (Union nationale des coopératives agricoles de céréales)[27]. Par leur entremise, ce sont les maïsiculteurs du Sud-Ouest et les professionnels des semences qui prennent l'initiative de réunir les responsables du Ministère et les chercheurs de l'INRA pour coordonner les efforts de chacun. L'objectif est d'organiser la substitution des "maïs de pays" par des variétés hybrides. Parmi les nombreuses communications, celle de Luc Alabouvette réclame une attention particulière. Il s'agit, non seulement, d'une communication théorique sur ce qu'est la vigueur hybride, d'un exposé technique et économique sur les gains de productivité qu'apportent de telles semences par rapport à leur coût annuel d'achat, mais surtout, d'un exercice de vulgarisation enseignant les pratiques concrètes (l'art) pour multiplier ce type de semences. Cette communication se termine ainsi, significativement, par un petit fascicule (détachable des actes du colloque) intitulé : "Guide du multiplicateur de lignées autofécondées de maïs". On y apprend comment organiser au sein d'une exploitation la production de semences, la disposition des semis, les plans pour isoler les lignées, les techniques de castration, etc[28].

De cette période fondatrice va naître une organisation de la production des semences hybrides se perpétuant jusqu'au milieu des années 60 et bientôt, ce ne sont plus seulement les hybrides américains qui vont être ainsi produits, mais aussi, on l'a vu, les hybrides INRA à partir de 1957. Conformément à ce que Protin avait imaginé, la distribution des rôles est relativement bien définie. Comme on le voit sur la figure 2, l'INRA se charge de la recherche, de l'obtention variétale et de la production de lignées, la Fédération Nationale des Producteurs de Semences de Maïs et de Sorgho (FNPSMS) de la distribution de ces différentes lignées dans les coopératives, les coopératives et les sélectionneurs de leur multiplication en vue de répondre à la demande des exploitants de chaque région. Le marché français en 1963 atteint 200 000 quintaux qui permettent d'ensemencer un million d'hectares, dont 60% sont déjà des hybrides. En une dizaine d'années, la sole de maïs a donc été multipliée par trois. Les rendements sont passés dans le même temps de 15 à 25 quintaux à l'hectare, en moyenne, et ce rythme d'augmentation des rendements va se poursuivre jusque dans les années 80 (figure 3).

La place des hybrides dans cette augmentation des surfaces et des rendements demeure difficile à établir. En 1951, on trouve encore inscrites au catalogue 14 populations de pays[29], contre 9 hybrides américains des Stations d'Etat[30] et déjà 12 hybrides américains de firmes comme Trans United, Pride

[26] CAC 870238 / 41 Maïs hybrides de 1949-54, Sous-dossier Importation de semences de maïs d'USA.
[27] M. Bouchard, "Discours d'ouverture", *Deuxième Congrès International du Maïs, Rapports présentés au cours du Congrès de Pau du 1 au 4 décembre 1949*, UNAC, p. 11.
[28] Luc Alabouvette, "Organisation de la production de semence de maïs", *Deuxième Congrès International du Maïs, Rapports présentés au cours du Congrès de Pau du 1 au 4 décembre 1949*, UNAC, p. 113-120.
[29] Blanc de Bresse, Blanc de Chalosse, Doré de Gomer, Doré des Landes, Etoile de Normandie, Grand Roux Basque, Jaune d'Alsace, Jaune de Bresse, Jaune Hâtif d'Auxonne, Maïs de Tarbes, Millette de Finhan, Millette du Lauragais, Maïs de Pouyastruc, Roux de Chalosse.
[30] W 240, W 255, W 355, W 416, W 464, W 464 A, W 690, Minhybrid 706, Iowa 4417.

Hybrid, Dekalb A.A.[31]. Les hybrides occupent à cette date 25% des surfaces[32]. En 1957, les deux premiers hybrides doubles INRA font leur apparition au catalogue dans la catégorie des précoces, il s'agit d'INRA 200 et INRA 244. L'année suivante deux autres nouveautés INRA sont inscrites au catalogue : INRA 258 et INRA 353, ce dernier étant le premier semi-précoce de la maison. INRA 200, 244 et plus encore 258 connaissent un grand succès. Grâce à la Fédération Nationale des Producteurs de Semence de Maïs, ils sont rapidement mis à la disposition des agriculteurs. Ainsi pour la campagne 1959, 16 000 quintaux de ces trois variétés sont mis à la disposition des agriculteurs, occupant 10% des surfaces (60 000 ha sur 600 000 ha)[33]. Les hybrides américains occupent approximativement 200 000 ha et CIV 7 (hybrides hollandais) 40 000 ha[34]. Au total à la fin des années 50, les hybrides de diverses origines occupent déjà plus de 50% des surfaces.

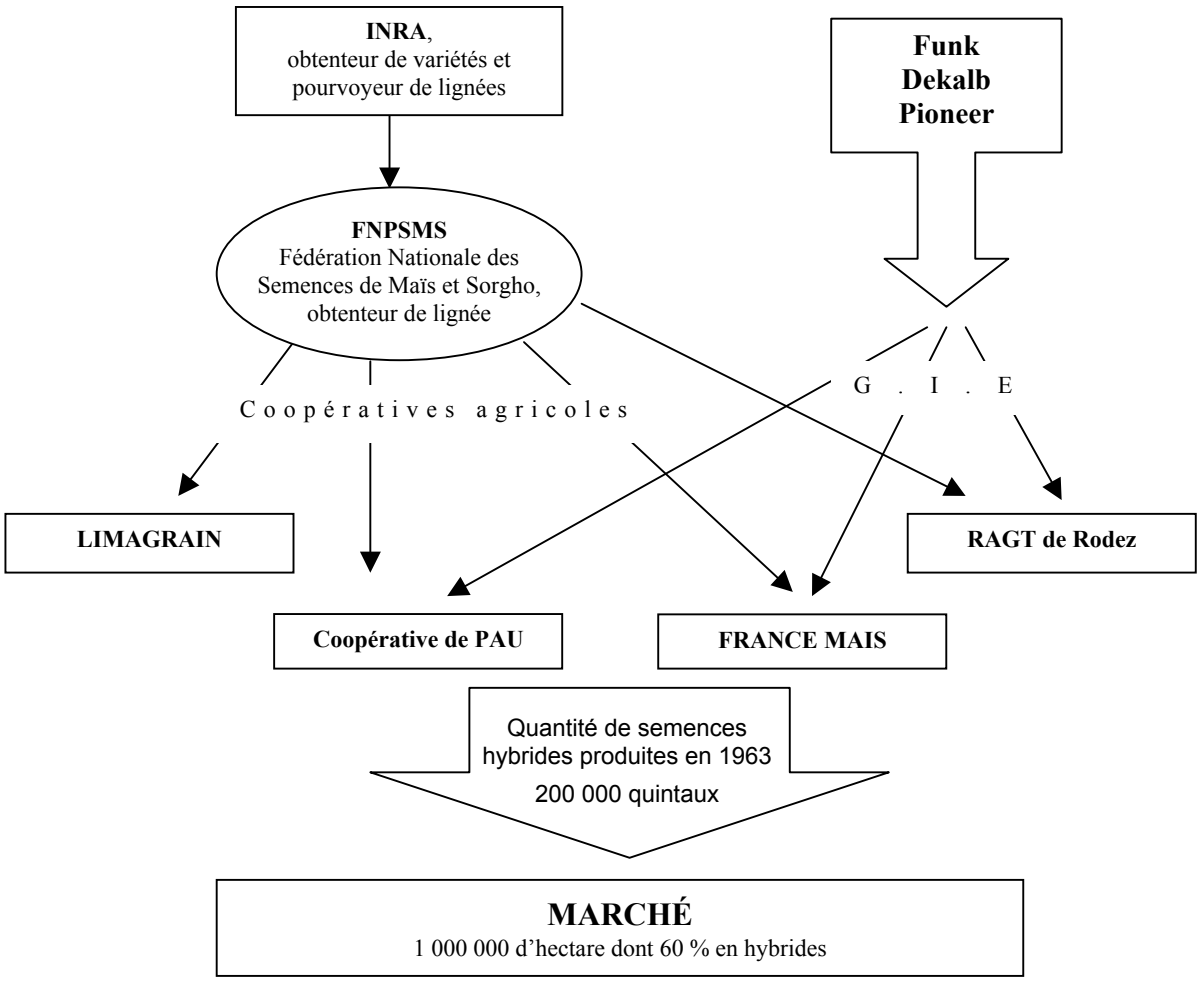


Figure 2 : La filière de la production des semences hybrides jusqu'en 1965

[31] U 2, U 20, U 22, U 24, U 26, U 28, U 32, Pride D1A, Pride B23, Pride PN16, Pride D56, Dekalb 56.
[32] Chiffres estimés à partir de la commercialisation des semences hybrides. M. N. P. Neal, *Le maïs hybride en France, Commission des semences et des progrès techniques de la production des céréales*, Fonds National du Progrès Agricole, 1952, 28 p.
[33] Xavier Lascols, "Sélection réciproque et maïs hybride précoce franco-américaine", *A.A.P.*, 1959, 3, 396.
[34] A. Cauderon, "Le maïs hybride en France, étude de la précocité", *A.A.P.*, 1958, 3, 273-289. Jean-Pierre Gay, *Fabuleux maïs, histoire et avenir d'une plante*, A.G.P.M., 1984, p. 92.

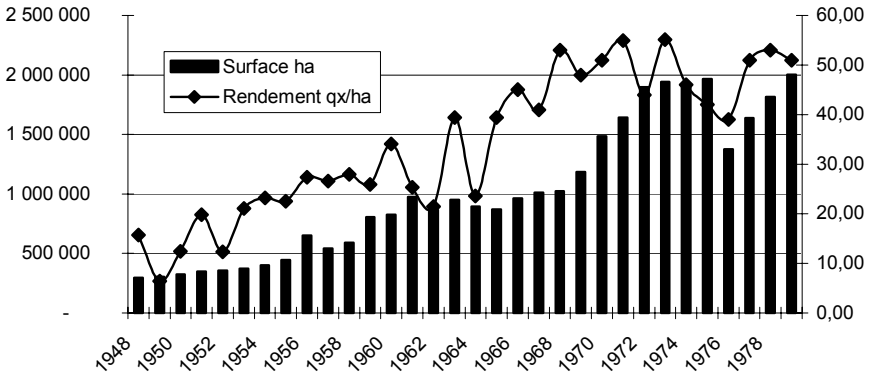


Figure 3 : Augmentation des surfaces et des rendements de maïs entre 1948 et 1980

Conclusion

Le schéma de la figure 2 illustre bien la coexistence de deux modes de gestion de la recherche agronomique durant toute cette période. A côté de l'Etat, maître d'œuvre de la recherche agronomique, on voit s'organiser une profession qui réclame de l'innovation. Dans cette dynamique, ce n'est pas seulement l'économie de l'offre – les chercheurs de l'INRA fournissant des variétés, des lignées et des savoir-faire – qui commande. Une économie de la demande est aussi très active, les coopératives, les multiplicateurs définissent de plus en plus leurs souhaits comme on le voit lors du 2e Congrès international du maïs et ils finissent par orienter une part de la recherche publique. L'introduction des maïs hybrides en France constitue donc bien une illustration de l'articulation de deux modes d'organisation de la recherche à la fois administrée par l'Etat et cogérée par un aval à forte identité agricole.

Il est incontestable que ce régime de la recherche correspond à un moment particulier de l'histoire nationale et internationale et à des équilibres socio-économiques qui vont peu à peu bouger notamment par un changement progressif de l'identité des partenaires de l'aval. Sur le schéma de la figure 2, apparaissent les prémices d'un troisième mode de gestion de la recherche que Christophe Bonneuil a qualifié de marchand. Sur la droite de ce schéma figurent, en effet, les noms des grandes firmes semencières américaines (Funk, Dekalb, Pioneer) qui viennent bousculer les règles du jeu. Alors que dans les années d'immédiat après-guerre, la coopération avait instauré un échange gratuit de lignées entre la France et les Etats-Unis, au début des années 60, ces firmes américaines optent pour une politique commerciale plus conquérante. Il s'agit pour elles de construire des partenariats avec les coopératives françaises, notamment par la constitution de groupements d'intérêts économiques (les fameux GIE fraîchement institués). L'objectif est d'obtenir de leurs partenaires des lignées françaises, à partir desquelles ils créeront des variétés américaines très bien adaptées aux conditions françaises, en vue de concurrencer les variétés INRA. Pioneer, Dekalb s'allient ainsi respectivement à France-Maïs et à la Coopérative de Pau.

La logique de mobilisation et de cogestion des décennies précédentes va donc s'enrayer. L'INRA, obtenteur de variétés à formules dites "ouvertes", ne peut plus confier ses lignées à des multiplicateurs qui les diffusent à des firmes dont l'objectif est désormais le contrôle du marché français. André Cauderon sera alors l'un de ceux qui considéreront qu'il est urgent de transférer les savoir-faire de l'INRA à des entreprises privées françaises pour qu'elles puissent déposer au CTPS des variétés d'hybrides à formules dites "fermées" leur permettant de rester maîtresses du marché intérieur. C'est dans ce contexte que l'INRA se rapproche de Limagrain, seule coopérative à ne pas encore avoir mis en place de GIE avec une firme américaine, et l'incite à développer son secteur R&D. En quelques années, grâce à ce transfert de compétences, Limagrain met au point le fameux LG 11 qui va dominer le marché jusque dans les années 80[35]. Mais dans ce mouvement, c'est bien sûr la logique marchande qui s'impose et c'est un autre chapitre qui s'ouvre.

[35] André Gueslin, *Limagrain, de la Limagne à la Californe, Histoire d'une croissance* (1942-1992), Groupe Limagrain, 1992, p. 41.

L'accès aux ressources génétiques : dynamiques collectives nationales et internationales

Andrée Sontot et **Martine Mitteau**

Bureau des Ressources Génétiques - 16 rue Claude Bernard - 75231 Paris cedex 05
andree.sontot@inapg.inra.fr; martine.mitteau@inapg.inra.fr

A. Sontot est chargée de mission au BRG et doctorante au CERI (Centre d'Etudes et de Recherches Internationales) ; elle est responsable des dossiers internationaux, juridiques et économiques relatifs aux ressources génétiques. M. Mitteau est chargée de mission BRG ; elle y traite les dossiers végétaux, la formation et la communication.

Si la FAO a commencé dès les années 1960 à s'inquiéter de la conservation de la diversité génétique, c'est en 1979 qu'y a été posée pour la première fois la question de l'accès aux ressources génétiques, directement liée à celle de la propriété des ressources et de la protection juridique des inventions qui en découlent. L'importance des évolutions scientifiques, juridiques et économiques depuis cette date, en particulier en matière d'amélioration des plantes, explique en partie la difficulté à faire émerger un consensus international autour de règles d'accès aux ressources génétiques. Une autre explication tient à la difficulté à étendre, tant au niveau international que national, à la régulation des échanges les dynamiques collectives déjà à l'œuvre en matière de gestion de la diversité génétique. La régulation internationale sur l'accès aux ressources génétiques est ainsi marquée depuis vingt ans par deux caractéristiques : une tension permanente, dans les négociations intergouvernementales, entre action unilatérale, logique de club et régime multilatéral ; l'importance croissante, dans la gestion et l'échange quotidien, des dynamiques collectives mobilisant prioritairement les acteurs non-étatiques.

1. La régulation internationale sous tension

Une tension permanente entre action unilatérale, logique de club et régime multilatéral.

Alors qu'en matière de gestion de la diversité génétique, des dispositifs internationaux collectifs non gouvernementaux (réseaux, centres internationaux de recherche agronomique) se sont rapidement mis en place pour compléter ou suppléer aux efforts nationaux, le modèle proposé en 1992 par la Convention sur la Diversité Biologique (CDB, article 15) pour réguler les échanges de ressources génétiques est avant tout étatique et unilatéral. Il découle en effet de la conjonction de trois facteurs de fond : la reconnaissance croissante par le droit international de la revendication de souveraineté sur les ressources naturelles, portée depuis plusieurs décennies par les Etats du sud ayant récemment accédé à l'indépendance ; l'influence croissante sur le débat politique international des économistes de l'environnement ; les brillantes anticipations économiques associées à la fin des années 80 au développement des biotechnologies. En 1991, la conclusion d'un accord de bioprospection entre la firme pharmaceutique Merck et l'institut de gestion de la biodiversité du Costa Rica InBio, en ligne avec ces trois facteurs, apparaîtra comme un modèle pour la négociation en cours sur la biodiversité.

En application du principe de souveraineté des Etats sur leurs ressources biologiques, c'est à l'Etat qu'il revient de déterminer les règles (législations nationales) et autorités (octroi d'un consentement en connaissance de cause préalable à l'échange de ressources génétiques) relatives à la circulation des ressources génétiques (articles 15.1 et 15.5). En application du postulat selon lequel la valorisation des ressources génétiques constitue, sinon la solution au problème du coût de la conservation, au moins une forte incitation, un partage des avantages entre utilisateur et fournisseur de ressources génétiques est instauré (art. 15.7). Et selon la pratique des principaux acteurs des biotechnologies, l'échange se fait sur la base d'un contrat négocié bilatéralement (art. 15.4). C'est donc dans ce cadre législatif et administratif que doivent s'inscrire les contrats bilatéraux de partage des avantages découlant de l'utilisation des ressources génétiques négociés au cas par cas.

Ce cadre initial explique pourquoi le débat international :
- s'est dans un premier temps centré sur la question de savoir si les spécificités de l'agriculture et de l'alimentation justifiaient la négociation d'un cadre multilatéral,
- et aborde l'harmonisation des règles d'accès aux ressources génétiques plus sous l'angle des procédures (modalités d'obtention du consentement préalable en connaissance de cause, de négociation avec les acteurs non gouvernementaux intéressés) que de la substance (contenu concret du concept de partage des avantages en particulier).

Les ressources génétiques végétales pour l'agriculture et l'alimentation bénéficiaient d'un cadre antérieur à la CDB en matière de conservation (l'Engagement International pour les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture de 1983) et d'un cadre particulier en matière de protection de l'innovation (convention UPOV sur la protection des variétés végétales). Ces deux textes reposaient sur le principe d'un accès facilité à la variabilité génétique pour la recherche et la sélection, condition indispensable à la survie d'une activité de sélection où les ressources circulent de façon plus multilatérale que bilatérale. Formellement reconnue dès l'adoption de la CDB (par l'Acte final de Nairobi, qui demandait de réviser l'Engagement International pour le mettre en harmonie avec la CDB) puis régulièrement réaffirmée à partir de 1993 par des décisions de la Conférence des parties de la CDB, cette spécificité n'a été véritablement acceptée qu'en 1998 avec l'adoption à la FAO du principe d'un Système Multilatéral pour les ressources phytogénétiques pour l'agriculture et l'alimentation. Dans la foulée de cette première faille à une approche uniforme de l'accès aux ressources génétiques, la diversité des utilisations des ressources génétiques (en particulier à des fins d'inventaire et de systématique) commence à être reconnue, mais n'est pas encore traduite en règles d'accès spécifiques.

L'accent mis par la CDB sur les législations nationales pour réguler l'accès aux ressources génétiques a débouché sur la multiplication de cadres fluctuants (compte tenu des débats politiques nationaux qui entourent l'élaboration ou le réexamen des législations applicables), qui créent pour les opérateurs une incertitude juridique globale telle qu'elle contrevient de fait à l'objectif de "faciliter l'accès aux ressources" posé par l'article 15.2 de la CDB. L'effort international d'harmonisation des règles d'accès s'est donc attaché à la clarification des procédures plus que de la substance, pour demander en 2002 (5e Conférence des Parties) à chaque partie à la CDB de désigner un correspondant national sur l'accès et le partage des avantages et la (ou les) autorités nationales habilitées à octroyer l'accès. Ce résultat modeste s'explique par les tensions déchirant les positions nationales sur l'accès et le partage des avantages.

De la difficulté de définir une position nationale

Depuis l'entrée en vigueur de la CDB, les positions nationales oscillent en permanence entre trois pôles :
- le principe de souveraineté nationale (avec comme corollaire le primat des législations nationales, comme celle adoptée par les Philippines en 1995, sur tout mécanisme collectif d'accès aux ressources génétiques),
- la tentation de cartellisation (par l'adoption de législations-cadre au niveau régional, comme entre les pays du Pacte Andin en 1996, la constitution de groupes de négociation comme le "groupe de Cancun"),
- et l'attirance pour la sécurité des transactions que peuvent fournir des mécanismes collectifs inter-gouvernementaux, souvent pour pallier la faible efficacité de législations ou dispositifs nationaux. Relève de ce troisième pôle la décision du Sommet mondial pour le développement durable (Johannesburg, septembre 2002) de négocier dans le cadre de la CDB "un régime international pour promouvoir et garantir le partage juste et équitable des avantages issus de l'utilisation des ressources génétiques".

Si le discours qui accompagne ces négociations internationales conserve les clivages politiques traditionnels, comme le clivage nord-sud, la réalité des positions nationales qui s'expriment dans les différents forums internationaux où se négocie tel ou tel aspect de l'accès et du partage des avantages montre clairement que les alliances et regroupements traditionnels s'érodent, et que les positions nationales se complexifient.

Les gouvernements peinent en effet à définir une position nationale, du fait de la nature fondamentalement scientifique de la question, et de l'imbrication des politiques en jeu dans sa gestion.

D'une part, les éléments scientifiques sont essentiels pour identifier les perspectives technologiques et environnementales de la connaissance et de l'utilisation de la diversité génétique, et évaluer leur impact économique potentiel. D'autre part, la production des connaissances est à la fois un enjeu (pour l'accès à l'innovation, le transfert de technologies et le renforcement des capacités), un outil (pour l'évaluation des enjeux et la définition des objectifs nationaux face à des technologies nouvelles), et un facteur d'incertitude par les inconnues (environnementales et économiques notamment) que révèle la recherche. La mobilisation des capacités scientifiques et technologiques nationales pour la définition des enjeux et besoins nationaux devient donc indispensable pour participer effectivement aux négociations internationales.

Selon son orientation idéologique ou son champ d'action, on peut qualifier la question de l'accès aux ressources génétiques et du partage des avantages de question environnementale, scientifique et technologique, agricole, industrielle, commerciale, politique. Aux niveaux national et international toutefois, les positions et règles à définir relèvent forcément des différentes politiques d'environnement, d'agriculture, de recherche, d'innovation, de coopération, de commerce… et exigent une coordination efficace entre les institutions impliquées dans ces différentes problématiques, à moins de risquer l'incohérence et d'affaiblir sa position dans un système international de négociation complexe.

Dans ce contexte, les positions nationales semblent finalement fondées avant tout sur les anticipations ou représentations quant au potentiel économique des progrès scientifiques et techniques (plus que sur une réalité économique peu lisible), et sur la pratique des opérateurs majeurs dans le domaine de la génétique (plus que sur la complexité des cadres juridiques auxquels sont soumis l'ensemble divers des acteurs).

Le patchwork de la réglementation internationale

Il est d'usage en matière d'environnement d'évoquer le "millefeuille" lorsqu'on décrit le dispositif juridique applicable. Pour ce qui concerne l'accès aux ressources génétiques, l'image du "patchwork", juxtaposant des éléments souvent très contrastés, est plus appropriée.

Depuis l'adoption de la CDB, une douzaine d'Etats ont adopté des législations spécifiques à l'accès aux ressources génétiques, ou des législations sur la biodiversité traitant explicitement de l'accès aux ressources génétiques. Plusieurs dizaines d'autres, principalement dans un cadre régional (Union africaine, ASEAN), envisagent également de se doter d'une législation-cadre, qui devra ensuite être déclinée dans les droits nationaux.

La révision de l'Engagement International pour le mettre en harmonie avec la CDB, qui a débuté en 1994, a finalement abouti en novembre 2001 avec l'adoption par la Conférence de la FAO du "Traité International sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture". Ce texte s'inscrit dans la continuité de l'Engagement International et de l'UPOV, en ce qu'il maintient le principe d'accès facilité à la diversité génétique pour la recherche et la sélection pour l'agriculture et l'alimentation, mais ne l'applique plus qu'au champ réduit des seules ressources génétiques du domaine public et sous contrôle direct des gouvernements relevant d'une liste d'espèces et de genres figurant en annexe du Traité. Il constitue une adaptation de la CDB, en ce qu'il reconnaît explicitement la spécificité agricole et alimentaire des échanges de ressources génétiques, en créant un Système Multilatéral d'accès facilité et de partage des avantages résultant de leur utilisation. Il s'inscrit dans la continuité de la CDB, en créant le premier mécanisme juridiquement contraignant de partage des avantages, en vertu duquel l'acquéreur d'une ressource génétique du Système Multilatéral qui l'utilisera pour créer une nouvelle variété ou invention biotechnologique non librement accessible à des fins de recherche et sélection (notamment protégée par brevet), sera tenu de verser à un mécanisme de financement multilatéral une part des bénéfices générés. Le détail de l'application de ces principes reste à définir, et 40 ratifications à réunir avant que le Traité n'entre en vigueur, mais le Traité bénéficie désormais d'un large soutien politique international.

Dans son souci d'harmoniser au moins les procédures relatives à l'accès aux ressources génétiques, la 5e Conférence des Parties de la CDB a adopté en mai 2002 les "Lignes Directrices de Bonn sur l'accès aux ressources génétiques et le partage juste et équitable des avantages résultant de leur utilisation". Ce texte d'application volontaire vise à aider les Etats à élaborer la législation applicable à l'accès, et les opérateurs à négocier les accords d'accès et de partage des avantages. Elles ne portent atteinte ni aux législations, ni aux accords internationaux existants, et sont donc susceptibles de s'appliquer aux ressources génétiques pour l'agriculture et l'alimentation non couvertes par le Système Multilatéral du Traité International. Elles énoncent ce que devraient être les rôles et responsabilités respectifs des Etats et des opérateurs, dans les situations de fourniture ou d'utilisation de ressources génétiques, les différents éléments des procédures d'octroi d'un consentement préalable en connaissance de cause, des modalités de participation des parties prenantes, comme les communautés autochtones et locales, et donnent des indications sur les rubriques envisageables dans un accord d'accès et de partage des avantages. Elles incitent par ailleurs les opérateurs à élaborer des codes de bonne conduite ou autres procédures collectives comme la certification permettant d'apprécier leur respect des règles d'accès et de partage des avantages. Cet instrument qui porte exclusivement sur les procédures vise principalement à rassurer les Etats engagés dans une négociation d'accès avec un utilisateur sur sa bonne foi, et les utilisateurs sur la transparence et la non-discrimination de l'Etat où ils souhaitent procéder à une opération de collecte. Son application concrète risque en contrepartie de s'avérer particulièrement lourde.

Ce dispositif juridique sera réexaminé, et peut-être complété ou amendé, avec l'ouverture dans le cadre de la CDB de négociations visant à élaborer un "régime international" pour garantir le partage des avantages. Parmi les éléments concrets les plus souvent évoqués pour composer ce régime figurent la divulgation de l'origine des ressources génétiques utilisées dans une innovation ou les certificats d'origine. Il n'est pas encore clair s'il complétera ou remplacera les Lignes Directrices de Bonn, ni comment il s'articulera avec les autres accords existants dans d'autres enceintes, comme le traité International de la FAO, les textes relatifs aux droits de propriété intellectuelle ou au commerce international.

Ceux-ci constituent en effet une autre composante du patchwork juridique de l'accès et du partage des avantages, de même que les réglementations relatives aux aspects sanitaires ou au transport.

L'état de la régulation internationale de l'accès aux ressources génétiques est donc actuellement la somme de législations nationales, d'un Système Multilatéral couvrant une partie des ressources phytogénétiques pour l'agriculture et l'alimentation, et de lignes directrices volontaires, auxquels il faut ajouter les accords relatifs à la protection de l'innovation, au transport ou au commerce international. S'y ajoutera vraisemblablement à terme un mécanisme collectif de suivi et contrôle des échanges.

Mais la définition des règles relatives à l'accès ne doivent pas être limitée aux seuls négociations et accords intergouvernementaux. Elle met en effet en jeu différentes dynamiques collectives, regroupant aux niveaux national, régional et international, une vaste gamme d'acteurs, qui ont une importance croissante sur les processus internationaux.

2. L'importance croissante des dynamiques collectives

Une double nécessité et une réalité à l'œuvre

Le développement de dynamiques collectives, particulièrement au niveau national, correspond à une double nécessité, de plus en plus reconnue dans les enceintes internationales :

- une nécessité normative : la définition des limites du champ et de l'objet de la régulation nationale ou internationale passe par un dialogue pluridisciplinaire et pluri-acteurs (clarification des concepts – et des statuts juridiques associés – de ressources génétiques, ressources biologiques et innovation) ;

- une nécessité politique : la consultation des différents acteurs préalablement aux négociations internationales et leur participation dans les différents niveaux (local, national, régional et international) de gestion des ressources génétiques paraît de plus en plus incontournable, face à la fois à la pression croissante pour une étatisation de l'échange des ressources génétiques et face aux interrogations de la société civile sur la régulation internationale de la sélection. En outre, l'implication des acteurs dans la

régulation internationale en rend l'application plus facile, en renforçant leur compréhension des règles adoptées et leur adhésion aux principes qui les sous-tendent.

En pratique, des dynamiques collectives sont déjà à l'œuvre depuis plusieurs dizaines d'années au niveau international ou régional, dans le domaine de la conservation de la diversité génétique et de leur utilisation en recherche et sélection pour l'agriculture et l'alimentation. En témoignent au niveau Européen les réseaux ECP/GR et Euforgen, et au niveau international les centres internationaux de recherche agronomique et le Forum Global pour la recherche agronomique internationale. Mais si ces dynamiques collectives sont déjà anciennes, leur champ d'action s'est récemment élargi vers la régulation : les acteurs qui y participent ont en effet joué un rôle actif dans la préparation du Plan d'Action Mondial pour la conservation et l'utilisation durable des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, leurs mécanismes de consultation entre ONG, secteur privé et recherche public ont souvent été donnés en exemple, et leurs travaux sur l'élaboration d'accords de transfert de matériel standard ont significativement influencé les négociations inter-gouvernementales.

Cette extension du champ de la négociation internationale au-delà des organisations internationales classiques pose de plus en plus vivement la question du rôle de l'Etat et du droit national dans la régulation internationale.

Quel rôle pour l'Etat et le droit national ?

Si le cadre général de l'échange de ressources génétiques est fixé par les accords inter-gouvernementaux (Convention sur la Diversité Biologique, Traité International sur les ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture, accords relatifs au droit de propriété intellectuelle pour les ressources génétiques issues d'innovations), la mise en œuvre des principes qu'ils posent passe de façon croissante par des accords privés. L'application de la CDB comme du Traité International repose sur le contrat, négocié bilatéralement dans le premier cas, standard dans le deuxième. Le règlement des éventuels désaccords se fera donc selon le droit privé international, où la référence aux pratiques générales du secteur joue en cas de litige un rôle important. Les pratiques deviennent d'autant plus une source majeure de la réglementation internationale que les enceintes inter-gouvernementales elles-mêmes, incapables de prendre en compte les spécificités des différentes situations d'échange et d'utilisation des ressources génétiques, incitent les secteurs concernés à développer des codes de conduite ou bonnes pratiques (§ 54 et 55 des Lignes Directrices de Bonn). Elles vont même au-delà dans le Traité International, en basant explicitement le montant et la forme du partage des avantages sur les pratiques commerciales (art. 13.2.d ii).

Cette tendance croissante à conférer aux pratiques un caractère d'exemplarité tend à ajouter à la négociation intergouvernementale "le faire et le faire savoir" parmi les moyens, sinon de "dire le droit", du moins d'en poser les modalités. L'Etat ne devient pas pour autant une "partie prenante" (*stakeholder* en anglais) parmi d'autres, même si de nombreux documents d'organisations internationales le placent sur le même plan que les ONG, les communautés autochtones et locales ou les opérateurs privés. In fine, il reste l'autorité qui peut conférer à ses nationaux des droits sur les ressources génétiques, qui peut arbitrer entre des pratiques contradictoires et des principes opposés, et qui peut inscrire les actions dans la durée par l'adoption de politiques nationales. La coordination des acteurs et l'articulation continue des niveaux scientifiques, économiques et politiques, que la complexité de la question des ressources génétiques rendait déjà nécessaire, le devient encore plus face à ces évolutions des modalités internationales de régulation.

Le dispositif national : atouts et limites

Les choix effectués en France depuis plusieurs années (création du Bureau des Ressources Génétiques, adoption de la Charte Nationale pour la gestion des ressources génétiques, constitution de Collections Nationales de ressources génétiques végétales) représentent à ce titre des atouts, à appliquer à la mise en œuvre des instruments de régulation existants (Traité International sur les ressources phytogénétiques pour l'agriculture et l'alimentation), à conforter sur le plan national (en termes de statut juridique en particulier) et à compléter (élaboration d'une véritable politique nationale d'accès aux ressources génétiques et de partage des avantages prenant pleinement en compte les spécificités associées aux

communautés autochtones, clarification de l'articulation entre le niveau de la ressource génétique et celui des "parties et composantes génétiques").

Par ailleurs, dans un contexte international où la pratique crée le droit de façon croissante, il paraît illusoire de s'appuyer sur la seule négociation inter-gouvernementale pour élaborer les règles d'accès aux ressources génétiques : les pratiques contractuelles, les coopérations internationales et la communication des opérateurs (publics ou privés) non gouvernementaux alimentent de plus en plus la régulation internationale. Il est important que les acteurs prennent conscience qu'ils contribuent au quotidien à l'élaboration du cadre international de l'échange des ressources génétiques, et que jouer le jeu de cette coordination est indispensable pour assurer la cohérence et l'efficacité des actions entreprises.

Pour en savoir plus :

BRG, 1999, *Charte Nationale pour la gestion des ressources génétiques*. BRG, 99 p.

M. Lefort, A. Sontot, C. Bastien-Ventura, M. Mitteau, 1999, Coopération et enjeux internationaux dans le domaine des ressources génétiques végétales : quelles évolutions durant ces quinze dernières années ? *Le Sélectionneur Français*, 50, pp. 3-9.

A. Sontot, M. Mitteau, M. Lefort, 1999, La circulation des ressources génétiques : évolutions juridiques et enjeux économiques. *Cahiers Agricultures* 1999, **8**, pp. 314-318.

Sites internet :

BRG : *http://www.brg.prd.fr*

Centre d'information français sur la biodiversité : *http://www.mnhn.fr/mnhn/chm/*

Convention sur la Diversité Biologique : *http://www.biodiv.org*

Commission des Ressources Génétiques pour l'alimentation et l'agriculture de la FAO :
http://www.fao.org/ag/cgrfa/default.htm

Réseaux européens ECP/GR : *http://www.ecpgr.cgiar.org/*
et Euforgen : *http://www.ipgri.cgiar.org/networks/euforgen/euf_home.asp*

Le déséquilibre des droits sur les ressources génétiques et sur l'innovation comme obstacle à la construction d'un monde commun

Marie-Angèle Hermitte

UMR 8056 - CRDST, Université Paris I - 9 Rue Malher - 75004 Paris
mahermit@club-internet.fr

M.A. Hermitte est juriste, directeur de recherche au CNRS et directeur d'études à l'EHESS. Elle a joué un rôle de pionnier dans les recherches sur le droit du vivant et publié de nombreux articles et plusieurs ouvrages sur la biodiversité, sur les droits de propriété, ainsi que sur la régulation juridique des innovations. Ses recherches actuelles concernent notamment les rapports entre la science et la démocratie.

Plutôt que de traiter le sujet qui m'avait été proposé, "certificat d'obtention végétale et brevet", que j'ai déjà décliné à maintes reprises, je vais essayer d'élargir le propos, en traitant de l'équité de la répartition des droits entre fournisseurs et utilisateurs de ressources génétiques et d'innovations, puisque les produits mis sur le marché nécessitent cette double contribution, des ressources et des techniques.

Je vais commencer par poser une hypothèse simple, qui va traverser l'ensemble de mon propos : l'utilisation et la circulation des ressources biologiques et des innovations, produites par les paysans et plus récemment par la recherche et les entreprises, se sont toujours faites selon des modalités dépendant du système sociopolitique du moment, que ce soit il y a 4 000 ans, il y a 2 000 ans ou aujourd'hui. Prenons quelques exemples.

Celui de l'Empire romain en premier lieu. Historiens et agronomes montrent les modes de circulation des ressources génétiques dans un empire guerrier : lorsqu'il y a un "triomphe", cette manifestation de victoire d'une armée romaine sur un peuple conquis, on fait défiler à Rome non seulement les généraux vaincus, mais les animaux et les plantes un peu extraordinaires trouvés dans les terres conquises ; toutes sortes de plantes utiles "paient tribut" dit Pline. La circulation des ressources génétiques se fait donc sur le modèle général, guerrier, de l'empire romain.

L'hypothèse se vérifie à l'époque des grandes découvertes. La plupart des bateaux embarquaient un ou plusieurs botanistes agronomes, l'une des préoccupations des organisateurs de ces grands voyages étant de rapporter des espèces animales et surtout végétales, qu'on espérait voir s'acclimater dans nos régions. Notre alimentation quotidienne serait d'ailleurs un peu triste s'il n'y avait pas eu cette circulation des ressources génétiques. Ces transferts se sont poursuivis lors du développement du phénomène colonial, qui a brutalement élargi le territoire d'un certain nombre de pays à des zones pédoclimatiques très différentes de celles de la métropole. Et c'est dans ce nouveau territoire, imaginaire et concret à la fois, qu'ont circulé à nouveau les ressources phytogénétiques dans le cadre d'un système sociopolitique particulier, le système colonial.

Aujourd'hui, les conditions sociopolitiques sont différentes, mais le système juridique que l'on est train d'installer est là encore très dépendant du système sociopolitique global. Actuellement, ce système porte encore les traces de la décolonisation et il est marqué par les vicissitudes de la reconstruction du monde engagée depuis la fin des régimes communistes. C'est la tentative de l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC) de construire un monde commun fondé sur l'échange réalisé entre des sociétés extraordinairement différentes. La difficulté est d'arriver à ce que des sociétés hétérogènes puissent trouver des avantages réciproques à leur relation.

Concernant la question des ressources et de l'innovation, on a fait, depuis le début du XXe siècle diverses tentatives pour trouver des équilibres juridiques satisfaisants, capables de perdurer. Parmi les nombreuses solutions mises en oeuvre, certaines ont fonctionné cinq, dix ou quinze ans. Puis quelque chose remet en question cet "équilibre" ; il s'effondre, on reconstruit autre chose... Mais je suis convaincue qu'aujourd'hui nous ne sommes pas dans une situation qui permette d'élaborer un système stable. Trois facteurs, me semble-t-il, empêchent la création d'équilibres juridiques satisfaisants.

Les obstacles à un système d'équité international

Le premier de ces facteurs est que nous n'arrivons pas à trouver un système d'équité international. Pour parvenir à créer un monde commun, il faut quelque chose qui soit reconnu par tous comme à peu près équitable. Or, sur ces questions d'innovation et de ressources, nous n'avons pas au Nord et au Sud, la même vision de l'équité de l'échange. Je vais prendre deux ou trois exemples, dans les cadres de l'innovation et des ressources, pour vous montrer les différences d'approches et leur caractère pour l'instant irréconciliable.

Commençons par un exemple concernant le **droit de l'innovation**. En 1994, les accords de Marrakech ont créé l'Organisation Mondiale du Commerce (OMC), à laquelle quasiment tous les pays ont maintenant adhéré. Cette adhésion impose la reconnaissance des accords dits ADPIC (Accords sur les Droits de Propriété Intellectuelle liés au Commerce), qui posent une base minimale sur la propriété industrielle. Cette base nous paraît, à nous pays du Nord créateurs d'innovations, un minimum équitable puisqu'elle a pour objectif d'empêcher, autant que faire se peut, les contrefaçons. Mais s'il est légitime de vouloir empêcher la contrefaçon dans un monde homogène commun, ce n'est plus du tout évident dans un monde hétérogène. Si on se réfère au début de l'expansion des droits de propriété intellectuelle au XVIIIe et au XIXe siècles, on se rend compte au contraire que le développement technologique d'un grand nombre de pays s'est fondé sur la contrefaçon. En France par exemple, la loi sur les brevets adoptée peu après la Révolution accordait des brevets dits d'importation, qui étaient en fait la récompense octroyée à un Français malin qui était allé s'emparer d'une technologie en Angleterre. Ces brevets d'importation étaient donc des incitations à la contrefaçon, et beaucoup de développements technologiques ont été réalisés sur ce principe. On se retrouve donc devant une difficulté : l'illicéité de la contrefaçon paraît équitable à ceux qui innovent autant qu'ils utilisent les innovations, elle est douteuse pour ceux qui ne sont qu'importateurs de technologie. : les accords ADPIC, pour légitimes qu'ils soient du point de vue des pays du Nord, sont illégitimes aux yeux des pays qui ont intérêt à commencer leur développement en faisant des contrefaçons tant qu'ils ne disposent pas des moyens d'innover eux-mêmes.

La situation n'est pas pour autant inéluctablement bloquée et des voies de compromis peuvent être imaginées – on en donnera deux exemples.

Le premier est celui de l'accord sur les médicaments, négocié dans le cadre du cycle de Doha. Il consiste à changer les règles du jeu d'une disposition classique du droit des brevets, ce que l'on appelle la licence d'office. Les Etats ont toujours été libres de donner au juge le pouvoir d'octroyer une licence en dehors de la volonté du titulaire du droit de brevet lorsque certaines conditions, variables d'un pays à l'autre, étaient réunies : enjeu de santé publique, blocage d'une technique ou de la fabrication d'un produit par le titulaire du droit, etc. Mais le juge ne pouvait octroyer qu'une licence de fabrication limitée au territoire de l'Etat et il fallait trouver une rémunération équitable pour le titulaire du droit. On n'a malheureusement que peu d'expérience de telles pratiques car, à l'intérieur du monde industrialisé relativement homogène, des solutions amiables ont presque toujours été trouvées (un exemple célèbre toutefois, la licence sur le brevet de la photocopie sur papier normal de Rank Xerox). L'accord négocié dans le cadre de l'OMC a une toute autre portée car il pourrait devenir une sorte de modèle de réorganisation des transferts de technologie réservé aux secteurs stratégiques du développement. En effet, il a pour première caractéristique de concerner un ensemble de médicaments vitaux et non pas un seul produit, donc de penser une stratégie liant les "biens premiers" au droit de la propriété intellectuelle ; à ce titre, il faudrait y songer non seulement pour tout ce qui est alimentaire (disposition déjà présente dans le droit des obtentions végétales), mais aussi pour certaines technologies de protection de l'environnement, surtout lorsqu'elles se transforment, sur le fondement du concept de "meilleure technologie disponible" en norme obligatoire pour pouvoir exporter par exemple. Il a pour deuxième caractéristique de permettre à certains pays, généralement des pays dits émergents, de fabriquer les produits brevetés non seulement pour leur propre territoire, mais aussi pour les vendre à bas prix aux pays n'ayant pas une industrie et des capitaux suffisamment développés pour envisager eux-mêmes une telle fabrication. Le territoire autorisé devient un territoire beaucoup plus large que celui qui était prévu dans le cadre du droit commun, la seule condition posée, et légitime, étant d'éviter les réimportations des produits fabriqués sous ce régime spécial, dans les pays développés qui n'ont aucune raison

de participer à cette spécificité. Le principal avantage de cette décision n'est pas tant de donner accès aux médicaments pour un prix très bas, ce qui aurait pu être réalisé par des accords bilatéraux comme le voulaient les entreprises pharmaceutiques, mais de permettre le développement d'un tissu industriel dans les pays émergents. Le projet est donc beaucoup plus vaste que le simple "accès des malades" aux médicaments. Si un tel mécanisme était véritablement mis en œuvre et étendu à l'ensemble des biens premiers, la communauté internationale aurait inventé un système à deux vitesses, permettant aux pays en développement de réaliser des contrefaçons légales en quelque sorte, sur des territoires réservés mais assez vastes pour permettre le développement de véritables industries. C'est une voie de compromis pour créer un monde commun à des sociétés hétérogènes ; elle paraît excessivement fragile.

Un deuxième exemple de compromis, tout aussi fragile, peut être fourni avec la convention de Rio sur la diversité biologique. De la décolonisation jusqu'en 1992, il a été soutenu qu'il existait une coutume de libre accès gratuit à la diversité biologique pour les prospecteurs de ressources génétiques, coutume qui fonderait l'idée que la diversité biologique est un patrimoine commun de l'humanité. Cette manière de voir la ressource comme un bien public alors que l'innovation est un bien privé, avait inspiré l'Engagement de 1983 sur les ressources phytogénétiques, porté par la FAO. Ce régime juridique apparaissait comme une exception au sein du droit des ressources naturelles qui ont fait l'objet d'une récupération progressive de leur souveraineté par les Etats nouvellement indépendants. En 1992, dans le cadre de la Convention sur la diversité biologique, la communauté des Etats a remis la diversité biologique dans le droit commun, faisant des ressources génétiques l'objet de droits souverains. En application de cette souveraineté, les pays avaient la possibilité soit d'introduire des législations organisant l'accès à leurs ressources biologiques, ce que certains ont fait ou sont en train de faire, soit, sans passer par une législation, de faire des contrats d'accès à leurs ressources biologiques. Toujours est-il que ces ressources ne sont plus en libre accès gratuit comme autrefois, mais en accès contrôlé d'une part, et payant, au moins si les pays le souhaitent, d'autre part.

La convention reste toutefois un texte schématique et, pendant ce temps, éclatèrent toute une série d'affaires concernant des brevets octroyés, généralement par l'Office américain des brevets, sur des gènes prélevés dans des ressources du Tiers monde ou sur des plantes objets de connaissances et d'usages traditionnels ; un mot fut forgé, le biopiratage ; des associations tentèrent, avec des succès limités mais pas inexistants, d'obtenir l'annulation de ces brevets pour défaut de nouveauté. Le procédé est onéreux et ne peut être généralisé. Il s'agit, en fait, de résoudre ici aussi, une divergence de points de vue. Pour les pays développés, la ressource est sans valeur en elle-même, n'exprimant sa valeur potentielle qu'à la suite d'un travail d'innovation, de marketing, etc. Pour les pays sous-développés, il n'y a pas de raison pour que la ressource, sans laquelle rien ne peut être fait, soit gratuite si l'innovation est payante. L'affirmation des droits souverains peut aider les Etats à faire payer un droit d'entrée, un droit de prospection, guère plus. Mais la Convention autorisait les Etats à prévoir, en cas d'utilisation d'une ressource biologique, une compensation pour ce qu'on a appelé, selon les textes, les "peuples autochtones", les "communautés indigènes" ou, de manière plus large, les "communautés locales". On reconnaissait par là que les communauté de base (paysannes, chasseurs cueilleurs…) avaient conservé la diversité sauvage que l'on trouvait dans leur environnement et créé la diversité cultivée, ressource que l'on utilise parfois dans les innovations ; il était donc légitime de rémunérer ces communautés locales. Un certain nombre de textes ou de projets de textes ont suivi, qui considéraient que les connaissances traditionnelles, entre autres d'ordre médicinal, phytopharmaceutique, etc., pouvaient faire l'objet de droits intellectuels d'un nouveau type, qui reste à inventer, même si l'on sait déjà qu'elle devrait avoir des caractères de base originaux, proches de ceux que l'on rencontre dans l'appellation d'origine – caractère collectif, inaliénable et imprescriptible du droit. Ce projet, qui consisterait à rééquilibrer la propriété intellectuelle "moderne" par une propriété intellectuelle "traditionnelle" est en cours d'élaboration, mais l'évolution du secteur n'incite pas à l'optimisme.

En effet, les ONG bien intentionnées qui, par leur veille des demandes de brevets, mettent le doigt sur un certain nombre de brevets portant sur des plantes traditionnellement utilisées en Inde, au Brésil, au Nicaragua, etc., considèrent la nullité du brevets qu'elles obtiennent parfois pour défaut de nouveauté, comme une victoire. Mais c'est une victoire à la Pyrrhus. En effet, la possibilité d'une rémunération de la ressource utilisée, facteur d'équité dans les relations internationales, disparaît avec l'annulation du

brevet, car si de tels brevets ne peuvent plus être accordés, la ressource ne vaut plus grand chose non plus. L'idée de rééquilibrer la circulation des ressources nécessaires aux innovations, pour plus d'équité, est sérieusement mise à mal. Le phénomène est amplifié par les conséquences de ces annulations. Un certain nombre d'organisations internationales bien intentionneés toujours – l'OMPI, l'UNESCO, l'OMS… – financent des ethno-botanistes, des ethno-pharmacologues, des ethno-médecins, etc., pour collecter toutes ces connaissances traditionnelles, les décrire, et les enregistrer dans les bases informatiques des examinateurs de brevets pour éviter que des brevets soient octroyés pour des choses déjà connues. Mais, du même coup, tout cela est officiellement rangé dans le domaine public et ne peut donc plus être rémunéré. Finalement, l'effort qui avait été fait pour remettre sur un pied, non pas d'égalité, mais d'équivalence, les ressources et les innovations, les connaissances traditionnelles et les innovations actuelles, risque d'être réduit à peu de chose.

De la même manière, j'avoue ne pas avoir été totalement satisfaite par le texte retenu dans le cadre de la FAO sur les ressources phytogénétiques à but agronomique. On y prévoit bien la possibilité de rémunérer les pays et les communautés locales lorsqu'une plante, ou une connaissance, est utilisée dans un processus d'innovation de l'industrie chimique ou pharmaceutique, donnant lieu à une invention brevetée. Mais un article stipule aussi que si l'innovation est protégée par un droit de propriété intellectuelle – le COV évidemment – qui autorise l'accès à la ressource, il n'y aura pas d'obligation de payer la ressource mais simplement une incitation à le faire. Là encore, on vide de contenu l'effort qui avait été fait pour créer un monde commun où chacun ait la reconnaissance de son apport au système.

Je trouve que malgré beaucoup d'efforts faits durant toutes ces années, beaucoup de réunions internationales, beaucoup de propositions innovantes, la situation d'ensemble reste inéquitable.

La précipitation

Dès le début de la "révolution biotechnologique", comprise comme l'ingénierie génétique, on a voulu fixer le régime juridique de la protection de ces innovations alors que l'on n'avait affermi ni les bases scientifiques, ni les bases technologiques ou économiques des "métiers" de la biotechnologie. Il fallait aller vite pour donner un signal positif à l'industrie et qu'elle s'implique dans des investissements massifs dans ce nouveau champ. Lorsque j'avais étudié le COV, j'avais au contraire été frappée par le temps qu'il avait fallu pour ciseler un régime juridique adapté à ce type d'innovation. Entre les premières tentatives et la loi française sur la protection des obtentions végétales, il s'était écoulé une soixantaine d'années durant lesquelles on avait tenté un décret par ci, un règlement par là, un système de catalogue, etc. Et on avait finalement trouvé ce système totalement original, un nouveau droit de propriété intellectuelle, qui donnait satisfaction. Ce temps sert à comprendre les particularités du métier et concevoir un régime adapté.

Lors de l'arrivée du génie génétique, on a conclu très rapidement que toutes les biotechnologies seraient fondées sur cette idée simple : un gène → un produit. On pensait savoir ce qu'était un gène, et savoir qu'un gène faisait un produit et un seul. Or depuis quelques années, il est devenu presque consensuel de penser que l'on ignore plus de choses que l'on n'en maîtrise. On admet s'être trompé sur le nombre de gènes de l'espèce humaine, sur ce qu'est un gène, sur le rôle des systèmes d'expression et de contrôle, etc. La notion de fonction du gène proposée à l'origine est remise en question. Or tout le droit des brevets pour les biotechnologies a été fondé sur l'idée que l'important dans l'innovation c'était le gène, gène que l'on pouvait connaître parfaitement par sa séquence, et sa fonction. Dès lors, le gène fut la pierre angulaire du système juridique ; à partir d'un gène on peut revendiquer une étendue de protection qui, sur le fondement des mécanismes de dépendance, a un effet cumulatif en quelque sorte. Si j'ai la séquence d'un gène et sa fonction, je peux revendiquer tous les éléments du vivant dans lequel je vais introduire ce gène, toutes les plantes, tous les animaux, tous les systèmes vivants dans lesquels le gène que j'ai breveté peut s'exprimer.

Beaucoup d'observateurs avaient dénoncé cette vision réductionniste des choses. On ne les a pas crus, et on se retrouve maintenant avec un système qui, non seulement ne fonctionne pas bien, mais qui a de plus l'inconvénient d'avoir incité les industriels à aller très vite dans les mises sur le marché, avec les difficultés de réception de la technologie par le public sur lesquelles il n'est pas nécessaire de revenir.

Vous voyez que des solutions juridiques trop rapides, mal fondées sur le plan scientifique en raison de cette précipitation, n'ont pas donné de résultats bien convaincants.

Un manque de repères pour penser la distribution entre biens publics et biens privatifs

La troisième raison, me semble-t-il, pour laquelle nous n'arrivons pas à trouver d'équilibre juridique satisfaisant sur cette question des innovations et des ressources, est que nous ne savons plus ce que sont les biens publics.

Je me contente plutôt d'introduire à la conférence de Michel Griffon, car si j'ai bien vu le problème, je ne suis pas parvenue à trouver de grille d'analyse, moins encore de solution. Il me semble qu'il y a un profond malaise aujourd'hui sur deux points. Toutes les publications, que ce soit l'ouvrage paru pour les cinquante ans de l'INRA, le rapport de prospective de Michel Sebillotte sur l'avenir du secteur semencier, ou toute une série de rapports rédigés dans les années récentes sur l'amélioration des plantes, me laissent l'impression qu'on n'a plus d'idées très fermes sur ce que sont les biens publics, sur ce qu'ils devraient être par rapport à des biens privatifs. Il devient alors extrêmement difficile de savoir ce qui doit être d'accès libre, par qui cela doit être financé, quel doit en être le régime juridique. La réflexion de B. Hervieu sur les Etablissements Benoît était intéressante. Aurait-on pu vendre cette entreprise, ce qui était légitime dans le système capitaliste, tout en nationalisant les ressources génétiques qu'elle détenait depuis un siècle et demi, qui effectivement ressemblaient d'une certaine manière à un bien commun tout en étant un bien tout à fait privatif, et qui constituaient peut-être l'essentiel de la valeur des Etablissements Benoît ? Qu'est-ce qu'un bien public aujourd'hui dans l'amélioration des plantes ? Je ne suis pas persuadée que deux personnes dans cette salle soient capables de penser la même chose et soient capables de l'exprimer. Je passe la question à mon voisin.

Autre grande difficulté. Monsieur Cauderon n'avait probablement pas de doute concernant la fonction du chercheur quand, jeune chercheur, on lui a dit : "Voilà quelques épis, regardez ce que ça donne, travaillez". Il était dans une situation de recherche beaucoup plus libre, me semble-t-il, que ne le sont les jeunes chercheurs aujourd'hui, qui sont encadrés par des programmes de plus en plus précis. Je me pose la question : la liberté de recherche du chercheur non encadré n'était-elle pas plus profitable que les grands programmes de recherche développés aujourd'hui ?

Enfin, comment peut se définir un chercheur du secteur public, alors qu'on n'arrive plus à déterminer ce que devrait être une recherche publique aujourd'hui, dans un monde où ont disparu ces liens étroits qui existaient il y a quarante ans avec des entreprises françaises pour lesquelles la recherche française travaillait sans aucun problème. Il n'y a plus de Plan Marshall, et les entreprises ne sont plus des entreprises françaises. Comment alors situer un effort fait avec les impôts des contribuables français dans un monde qui n'est plus un monde français ? J'avoue ne pas avoir de réponse.

Discussion

F. Burgaud (GNIS) **:** Je crois que, comme vous l'avez dit, faire passer les ressources génétiques sous la souveraineté des Etats a été une erreur majeure en termes de circulation et d'utilisation des ressources génétiques au niveau mondial. Cette analyse permet de comprendre les positions prises aujourd'hui par des semenciers dans certaines négociations sur l'application de cette Convention de Rio. Vous l'avez mentionné, dans l'accord de la FAO, le COV ne fait pas l'objet d'une rémunération obligatoire. Il y a deux raisons à cela. La première est qu'effectivement nous essayons de faire en sorte que le maximum d'espèces – cela n'a pas été une réussite à Rome – échappe à ces contraintes nouvelles créées par Rio en matière d'accès aux ressources. La deuxième raison est que, s'il est facile de faire la liaison entre un médicament et une matière active, il est plus difficile de faire le lien entre une variété nouvelle et l'ensemble des ressources génétiques qui ont pu être utilisées pour la créer, et donc de définir

la répartition d'une rémunération éventuelle. D'où l'idée de dire que privilégier un droit qui permet l'accès à la ressource est une forme de partage d'avantages.

Vous avez dit que la contrefaçon est un mode de développement, et c'est vrai. Or le COV est justement un droit de propriété intellectuelle qui officialise un peu la contrefaçon et l'organise. En effet, il permet à un sélectionneur, à partir d'une nouvelle variété protégée, qu'il modifie un peu grâce à quelques croisements, d'obtenir un produit qui est lui-même protégeable. C'est donc bien l'organisation d'une copie intelligente qui est à la base même de l'adaptation des plantes cultivées.

Je voudrais qu'on prenne conscience de la lourdeur du système qui se met en place. André Cauderon a expliqué que la variété INRA 258 avait été créée à partir de deux lignées américaines, une lignée espagnole et une lignée française. Avec le nouvel accord sur les ressources phytogénétiques, les accords de transfert entre états, etc., il aurait fallu des années avant d'obtenir l'accord des trois gouvernements et de pouvoir lancer des expérimentations au champ.

Vous avez parlé de bien public. Pour moi, la semence ressource génétique est typiquement un bien public qui fait l'objet, dans des conditions organisées, d'une exploitation privative. C'est un bien public au sens où son accès, jusqu'à la Convention de Rio, n'était pas exclusif et était ouvert à tous, et en ce sens que ce n'est pas un bien divisible – c'est au contraire un bien totalement multipliable.

M.A. Hermitte : Je suis d'accord avec cette analyse du COV, que j'ai moi-même présentée à maintes reprises. En revanche, je ne partage pas votre analyse des conséquences de la Convention de Rio dont les principes ne me semblent pas avoir été une erreur, bien au contraire : vous ne tenez pas compte, et c'est une position typique du Nord, de la nécessité de donner à l'ensemble de la planète le sentiment que les choses sont équitables pour tout le monde. Avec un système qui permet la rémunération des innovations sans que la mise à disposition de la ressource soit rémunérée, vous créerez toujours, tant que des pays ne seront pas eux-mêmes des innovateurs, le sentiment d'iniquité. Et ce sentiment d'iniquité a des conséquences absolument catastrophiques dans le quotidien. Il empêche de construire le monde commun. C'est pourquoi je pense que c'est une courte vue que d'avoir, dans le Traité de la FAO, sorti finalement du système Convention de Rio l'essentiel des plantes agronomiques.

Je suis d'accord lorsque vous dites qu'il ne fallait pas alourdir le système et que ce que l'on met en place avec les contrats, les contrôles, etc., est trop lourd. A mon avis, il aurait fallu rechercher à la fois la facilité et l'équité. Or on a raté les deux. Il aurait suffi de décider qu'à chaque fois que l'on vend un kilo de pommes de terre, on verse un centime pour l'amélioration des plantes dans les pays andins. Et de même pour toutes les cultures. Comme les régions d'origine coïncident assez souvent avec des pays qui sont en difficulté, on aurait eu à la fois une mesure simple et un sentiment d'équité. Il ne fallait pas, comme on l'a fait avec la Convention de Rio, n'instaurer le système de la rémunération qu'à partir de 1992, ce qui fait que tout ce qui est dans les banques y échappe. Je pense que le système mis en place à Rome à la FAO est inéquitable.

P.B. Joly (INRA, Economie et sociologie rurales) **:** La valeur des ressources génétiques va dépendre de l'évolution des connaissances sur ces ressources et des capacités technologiques. Vous l'avez évoqué en disant que les régimes juridiques sont rendus rapidement obsolescents par l'évolution des connaissances scientifiques. Aujourd'hui, l'enjeu se déplace vers la génomique, la connaissance sur les séquences des gènes, les bases de données. Je me demande si demain les ressources génétiques, telles qu'elles existent et que certains pays peuvent en revendiquer la détention ou la propriété, auront la même importance. D'après les collègues qui travaillent sur le génome d'*Arabidopsis*, il semble qu'on peut y trouver des gènes mutés, non exprimés, mais qui permettraient d'exprimer des caractères que l'on ne pense pouvoir trouver actuellement que dans d'autres plantes. Si donc dans un génome comme celui d'*Arabidopsis*, on peut trouver, par des efforts systématiques, de telles ressources non exprimées, on va pouvoir, en détenant *Arabidopsis*, toute sa diversité, et la connaissance sur cette diversité, faire des choses pour lesquelles on pensait avoir besoin d'autres ressources. L'évolution technologique que l'on peut anticiper du fait du développement de la génomique ne rend-elle obsolète le débat actuel sur les ressources génétiques ?

M.A. Hermitte : Je ne suis pas convaincue par l'hypothèse que vous rapportez, car je constate qu'à chaque fois que les généticiens pensent avoir découvert un phénomène simple ou trouvé une solution technique simple, au fil du temps, on se rend compte que cela ne se passe pas ainsi dans la réalité, et tout redevient très compliqué. Il me semble que les ressources *in situ* sont un système rodé par le fonctionnement dans l'écosystème. Il gardera sans doute longtemps des avantages, une vertu de modèle en quelque sorte, que la conception plus artificielle à partir d'une plante modèle ex situ ne pourra pas fournir. Cela dit, on pourra concevoir *ex nihilo* des choses intéressantes. C'est pourquoi il me semblait équitable de revenir à des choses plus simples, et de ne pas se poser la question de la valeur de tel gène. Quand je vois les travaux entrepris par les économistes pour essayer de comprendre, dans la mise au point d'une innovation, quelle est la part du gène X, de ceci ou de cela, je pense que c'est du temps et de l'argent gaspillés. Il vaut beaucoup mieux adopter une convention du type : à chaque fois qu'on utilise la pomme de terre, on fait quelque chose pour que les pays andins cultivent autre chose que la coca. Je crois qu'il faut être plus simple.

Question : Je me demande quelle réaction suscite votre proposition parmi les représentants de la profession semencière.

Intervention de la salle : Je suis justement semencier sélectionneur de pomme de terre. Je rappelle que la pomme de terre a été importée en Europe en 1540, et qu'elle est aujourd'hui la quatrième culture au monde, derrière les trois grandes céréales. Effectivement, la notion d'équité est importante pour arriver à des accords, sur la protection des innovations, le commerce mondial, etc. Sur ce point, je pense que votre analyse est pertinente : il faut trouver des solutions équitables. Mais on peut tout de même s'interroger sur les délais, la durée de la protection. Peut-elle s'appliquer à une plante importée en 1540, dont le patrimoine génétique actuel est extrêmement différent de celui des plantes rapportées par les Conquistadores – Parmentier, qui lui-même a fait un travail de sélection, signalait déjà douze variétés en 1805. Cela devient très difficile à appliquer. Probablement faut-il être équitable, mais votre proposition n'est pas forcément la bonne idée. Mais peut-être que nous n'en avons pas d'autres...

M.A. Hermitte : Je crois que si vous reconnaissez l'importance de l'équité, la question du délai ne se pose plus dans ces termes. C'est tant que les paysans n'arrivent pas à vivre et qu'ils cultivent de la coca qui revient et tue les gamins, qu'on doit se poser la question d'une redistribution. La solution que je propose donnerait un volant d'argent et au moins l'impression d'essayer de faire quelque chose. D'autre part, je vous signale qu'un droit de propriété intellectuelle comme l'appellation d'origine est un droit imprescriptible. Il n'est pas extravagant d'avoir certains droits de propriété intellectuelle qui tombent au bout de vingt ans, et d'autres qui sont inaliénables et imprescriptibles.

La notion de bien public dans l'amélioration des plantes

Michel Griffon

CIRAD Direction scientifique - 42 rue Scheffer - 75116 Paris cedex
michel.griffon@cirad.fr

M. Griffon est Directeur Scientifique du CIRAD. Economiste Agricole, il a été amené à travailler sur la notion de bien public dans le domaine des ressources naturelles. Lors de l'évaluation des Centres Internationaux de Recherche Agricole en 1999, il a abordé les questions relatives à la propriété intellectuelle dans le domaine des ressources génétiques. C'est une synthèse de ses réflexions qui est présentée ici sous la forme d'un exposé demandé par le Comité Scientifique du Colloque.

L'arrivée sur le marché de variétés végétales génétiquement modifiées (VGM) et les controverses sur le "brevetage du vivant" ont projeté depuis la fin des années quatre-vingt-dix les questions relatives à la propriété intellectuelle dans l'amélioration des plantes sur le devant de la scène médiatique. Dans ce contexte, l'importance des investissements en recherche consentis par les firmes internationales sur les VGM donne l'impression que le centre de gravité de la recherche a basculé vers le secteur privé. Ceci amène la recherche publique à s'interroger sur son futur : Sera-t-elle encore nécessaire au progrès technique ? Pourra-t-on la justifier au motif qu'elle serait un bien public ?

Partant de la tendance naturelle du raisonnement qui ferait que les biens publics devraient être produits par la recherche publique et les biens privés par la recherche privée, la recherche publique s'interroge sur la notion de bien public et sur les conséquences que la définition que l'on donne pourrait avoir sur ses stratégies. L'objet de cet exposé est donc d'explorer la notion de bien public et de l'appliquer aux objets de recherche de l'amélioration des plantes, ainsi qu'à la recherche en tant qu'organisation. C'est aussi d'examiner quelles sont les conditions et les possibilités d'intervention de l'Etat dans ce domaine.

1. La notion de bien public

Tout d'abord, avant même de s'intéresser à la notion de bien public, la notion de "bien" mérite que l'on s'y arrête. Le mot "bien" ayant plusieurs acceptions, les raisonnements qui l'utilisent peuvent être altérés. Un bien au sens de la locution "le bien" est tout d'abord ce qui est considéré comme bon ou conforme à une morale. Un bien au sens juridique, est ce qui est approprié par une personne, cette appropriation entraînant la jouissance d'un certain nombre de droits. Ainsi, une première source de confusion vient du fait que l'objet de l'appropriation peut être ou ne pas être considéré comme bon ou conforme à la morale : les bons biens et les mauvais biens ! Pour cette raison, la littérature économique – surtout en langue anglaise – différencie les biens qui sont considérés comme bons (*goods)*, et les biens qui sont considérés comme maux (*bads)*.

Une autre source de confusion tient au fait qu'un bien, au sens juridique, est l'objet d'une appropriation mais que toute chose n'ait pas obligatoirement l'objet d'une appropriation. Beaucoup d'objets naturels ont un simple statut de "choses" et non de "biens" car personne ne les possède ; les qualifier de biens les fait entrer *ipso facto* dans la catégorie de ce qui est appropriable, ce qui mérite réflexion car tout bien appropriable est potentiellement échangeable et "marchandisable". Dans cet exposé, nous utiliserons par facilité le terme "bien" au sens de la littérature économique qui inclut donc tous les objets, qu'ils soient appropiables ou non, qu'ils soient par ailleurs jugés "bons ou mauvais".

Une troisième source de confusion tient au fait que le terme "bien" a un sens générique qui peut inclure à la fois l'idée de bien *stricto sensu*, c'est-à-dire un objet matériel (par exemple un plant), ainsi que l'idée d'un service (par exemple la multiplication de plantes), c'est-à-dire d'une activité, ou même d'un état (par exemple la maladie du plant). On utilisera ici par convention le terme bien dans un sens

très générique pour ne pas se différencier de ce qui ce fait dans toute la littérature économique. Ainsi, par exemple, on parlera de variétés comme biens publics, de la protection des cultures comme bien public, ou d'une épidémie comme bien public (en l'occurrence un "mal" public.[1]

Il nous faut ensuite définir le caractère public d'un bien. Ce caractère public est lié à trois aspects :
- la nature intrinsèque du bien, ainsi que la nature juridique qui lui est donnée par les sociétés humaines ;
- la nature des effets attachés au bien, autrement dit, son utilité ;
- la nature juridique qui lui est conférée par la forme de sa production.

La nature intrinsèque du bien public et sa traduction juridique

Un bien peut être caractérisé, du point de vue de son mode d'appropriation, par différents critères :
- la possibilité d'exclure ou non un tiers de l'accès à ce bien, et donc de l'accès à son usage ;
- la divisibilité du bien et de son usage, et l'altération du bien par l'usage ;
- la rivalité dans l'accès et dans l'usage qui est une conséquence des deux autres critères et du niveau de pression sociale relatif à l'usage.

Ainsi, un bien public est un bien dont on ne peut exclure quiconque de la possibilité d'y accéder, dont l'usage n'est donc pas exclusif, qui est indivisible et inaltérable dans son usage (la consommation par l'un n'empêche pas la consommation par l'autre et n'altère pas le bien dans sa substance) de sorte qu'il n'y a pas rivalité. A l'inverse, un bien privé est un bien dont on peut exclure un tiers de la possibilité d'y accéder, de la possibilité de l'utiliser ou le consommer, et qui est divisible et altérable dans son usage (la consommation du bien ou d'un sous-ensemble du bien par l'un empêche tout autre de faire la même chose) de sorte qu'il peut y avoir rivalité.

Dès lors que l'on considère qu'il y a deux critères principaux (exclusion et rivalité) et deux modalités pour chacun (exclusion ou non, rivalité ou non), il existe donc au total quatre formes archétypales de biens : les biens publics (accès libre et non-rivalité), les biens privés (accès contrôlable et rivalité) et deux autres formes. Certains biens sont tels que l'on ne peut empêcher quiconque d'y accéder mais l'usage peut être divisible, c'est le cas par exemple des parcours de pâturage sahéliens. Il y a donc une concurrence potentielle entre les usagers et un péril pour la viabilité du bien dû à la fois à son caractère d'accès libre et au fait qu'il soit altéré par la consommation. C'est ce que l'on peut qualifier de "tragédie de l'accès libre"[2]. D'autres biens, symétriquement, ne sont pas en accès libre, mais leur usage est indivisible et n'altère pas le bien en sorte qu'il n'y a pas concurrence, c'est le cas par exemple d'une autoroute. On qualifie ces biens de biens "à péage".

Ces définitions caractérisent des situations que l'on peut qualifier de pures. Dans la réalité, on les retrouve très rarement. Il y a surtout des biens composites se situant dans un continuum borné par les quatre situations types décrites ci-dessus. Par ailleurs, plus la population des sociétés augmente, plus il y a de pression dans l'usage des biens (accroissement du nombre des candidats à l'usage), plus la rivalité potentielle s'accroît et plus la tendance à l'appropriation est forte, de telle sorte que les biens intrinsèquement publics devraient être de moins en moins nombreux et dès lors pouvoir être distingués facilement par leur caractère résiduel.

Cependant, dès lors que la plupart des biens sont composites, dès lors aussi que les biens purement publics par essence sont très rares voire inexistants, dès lors encore qu'il y a un continuum entre bien public et bien privé, et comme enfin il faut trancher sur le statut des biens, c'est le droit qui lui seul détermine *de facto,* dans chaque société, le statut d'un bien. Mais derrière le droit persiste la réalité des modes d'accès et d'usage, et celle-ci ressurgit toujours quand le droit n'est pas dans les conditions d'être appliqué.

---

[1] Dans le langage courant, un service public est, par extension, l'entreprise ou l'administration chargée de d'accomplir les tâches de service public.

[2] Accès libre ne signifie pas bien public. Un bien en accès libre qui fait l'objet de rivalités potentielles a pour vocation d'être dilapidé.

Dans un but d'illustration dans le domaine des plantes, on peut essayer d'appliquer cette définition. Par exemple, toute espèce végétale commune et abondante des champs et des prés, dès lors qu'elle possède (en tant qu'espèce) la caractéristique de l'accès libre ainsi que celle de l'indivisibilité, de la non altération, et de la non concurrence, peut donc être considérée, à ce stade du raisonnement comme bien public. Mais, la même plante, vue comme individu (phénotype) et non comme espèce, susceptible d'être consommée par quiconque a le caractère d'un bien privé. Le contexte joue aussi un rôle en ce qu'il détermine l'accès. Cette plante, située dans un lieu où l'accès physique est libre, a la caractéristique d'un bien "dit en accès libre" donc de type public. Située dans un territoire "commun" (accès contrôlé réservé à un groupe et utilisation faisant l'objet de règles comme des quotas d'usage) elle a le statut de "bien commun". Située cette fois dans une propriété privée (où l'accès est exclusif), elle a le statut de bien purement privé.

Cet exemple illustre bien le fait que la loi soit donc prééminente par rapport à la nature intrinsèque de l'objet. Cependant, comme on l'a dit plus haut, la loi n'est pas indépendante de cette nature intrinsèque des objets. Dans les lieux où les sociétés sont presque absentes, les lois ne pouvant s'y appliquer réellement, c'est la nature intrinsèque des objets qui reste déterminante. Par exemple, en Afrique sahélienne, l'Etat est propriétaire des espaces de pâturage et des forêts mais ceux-ci ont *de facto* un statut d'accès libre ; c'est la nature intrinsèque du bien qui prévaut. De même, l'interdiction de cueillette d'une espèce protégée n'est effective que si l'Etat peut réellement contrôler ou si la menace de sanction est crédible. Sans présence réelle de l'Etat, la loi n'est pas présente. L'exercice d'un pouvoir lié à un mode d'appropriation d'un bien dépend donc à la fois de la nature intrinsèque du bien et de la manifestation réelle du droit. C'est en fait le niveau de la concurrence pour l'accès qui est l'élément qui fait émerger les règles, puis amène la prééminence de la règle et de la loi. Dans les sociétés, plus les populations sont nombreuses, plus les possibilités de concurrence dans l'usage des biens amènent le déploiement d'un droit de propriété. D'une certaine manière, c'est ce mécanisme qui est en jeu à l'échelle de la planète avec le déploiement d'un droit de propriété pour les ressources vivantes.

Les effets entraînés par un bien déterminent aussi la nature du droit qui s'y attache : les "externalités"

L'usage d'un bien produit des effets. Ces effets peuvent être directs et indirects. Par exemple, des semences de bonne qualité ont des effets directs en matière de rendement et de revenus pour ceux qui les utilisent. Les revenus ainsi générés ont aussi des effets indirects dans l'économie locale, car le bénéficiaire des revenus peut faire des achats nouveaux et ceux-ci procurent des revenus aux vendeurs qui, à leur tour bénéficieront de revenus complémentaires. Ainsi, de proche en proche, s'étendent les effets indirects dans le champ de l'économie. L'ensemble de ces effets directs et indirects constitue l'utilité sociale que la qualité de la semence a entraînée.

Mais il peut aussi y avoir des effets écologiques. Par exemple, l'extension de cultures nouvelles peut amener un accroissement des insectes pollinisateurs. Dans ce cas, l'effet dans le champ écologique a des répercussions positives dans le champ économique puisqu'il y a accroissement de la production de miel. Les effets écologiques peuvent aussi avoir des conséquences négatives dans le champ économique; par exemple, la pullulation d'insectes nuisibles liée à la même extension de la nouvelle culture. Dans les deux cas, il y aura un nouveau type d'effet économique indirect sous la forme d'un bénéfice ou d'un coût pour des tiers ; on dit que cet effet est "externe" au champ normal des relations entre acteurs économiques et pour cette raison on parle "d'effets externes" ou "d'externalités". Un objet ou une action peut en effet avoir des effets inattendus qui transitent par des mécanismes écologiques et ont des conséquences sur le bien-être de tiers. Il peut s'agir de tiers bien précis, par exemple quelques apiculteurs bénéficiant de l'accroissement des surfaces en floraison, ou de tiers non identifiables tous concernés *a priori*, par exemple ceux qui seraient potentiellement gênés par une pollution. Les externalités peuvent donc avoir un caractère "privé" (bénéficiaires ou victimes identifiés) ou "public" (bénéficiaires ou victimes non identifiables *a priori*). Comme par ailleurs, ces externalités peuvent être positives ou négatives, en cas d'externalités positives, on parlera d'utilité publique : utilité car l'objet en question a des effets utiles, et publique car tout le monde peut en bénéficier (pas d'exclusion d'accès, indivisibilité). *A contrario*, on pourra parler de nuisance publique.

Dans la littérature, on utilise plus souvent pour désigner ce phénomène le terme de mal public (*public bad)* par exemple pour désigner tous les effets polluants (voir ci-dessus).

C'est la combinaison des critères qui définit le statut de bien public.
En résumé, la nature publique d'un bien est liée à sa nature intrinsèque, aux effets externes qu'il peut entraîner – son utilité publique positive ou néfaste. Ces caractères influencent le statut du bien tel qu'il lui est conféré par le droit de propriété, et c'est, je le répète, dans le champ du droit que s'arbitre le statut véritable du bien public.

Le cas particulier des inventions

Les biens inventés n'ont pas la même nature que les biens qui existent dans la nature. Au moment de l'invention, l'inventeur est le seul à avoir accès à l'objet inventé et peut donc exclure quiconque de la connaissance et donc de l'utilisation qui pourrait en être faite. Ce seul critère d'exclusion, sans qu'il soit besoin de savoir si le bien est divisible ou non, assure au bien le statut de bien privé, plus exactement celui de bien secret.

Dès lors que l'inventeur divulgue son invention et la multiplie, il crée des possibilités d'accès à des tiers. Dans le cas où l'invention serait aisément reproductible car toute l'information le concernant est accessible par la simple vue de l'objet inventé, les tiers peuvent la copier et s'en approprier l'usage ainsi que les fruits. Son invention, dès lors qu'elle devient une innovation (c'est-à-dire une chose nouvelle dans l'univers de choses), n'est pas intrinsèquement protégeable. On peut dire dans ce cas que l'objet de l'invention a un caractère intrinsèquement public. Si l'auteur veut contrôler l'accès à la valorisation, il faut qu'il puisse bénéficier d'un droit de protection intellectuelle de son invention.

Dans le cas, très différent, où l'invention est difficilement reproductible, car la simple vue de l'invention ne donne aucune information immédiate sur son contenu en information, il est impossible à des tiers de la copier (sauf s'il existe des méthodes d'analyse). L'invention peut alors rester un secret de fabrication. Mais pour qu'une invention rapporte à son auteur, s'il ne la produit pas lui-même, son intérêt est qu'elle soit reproduite par d'autres et diffusée. C'est pour cette raison que le droit de propriété intellectuelle permet de rendre public le contenu d'une invention mais de protéger les droits de l'inventeur. Ce droit est limité dans le temps. L'inventeur peut ainsi vendre le droit d'utilisation à des tiers (licences d'utilisation). Ainsi, le bien a un élément de contenu public (tout le monde a accès à l'information), mais l'usage est protégé au bénéfice de l'inventeur.

L'intervention de l'Etat en liaison avec la notion de bien public

L'Etat est souvent appelé à intervenir dans l'économie. Il peut s'agir d'ouvrir des droits d'accès, de subventionner une production ou un usage, ou encore de produire ou faire produire. Cette intervention peut apparaître plus ou moins légitime selon le caractère plus ou moins public de l'objet de cette intervention. On s'intéressera ici à l'intervention de l'Etat sur l'innovation, c'est-à-dire l'apparition sur le marché d'un objet nouveau, et plus précisément à la phase antérieure, celle de l'invention. On distinguera, deux cas : les inventions existantes, et les inventions potentielles (celles que l'on vise à créer). Pour ces projets d'invention se pose le problème de savoir si c'est à la recherche publique ou non de les entreprendre ; problème que nous traitons ici.

Concernant les inventions existantes, quels sont les cas où l'intervention publique est justifiée ? On en distingue classiquement cinq :

1. Lorsqu'une invention sous droit de propriété intellectuelle a un caractère d'utilité publique important mais qu'aucune entreprise veut en assurer la production faute de rentabilité (par exemple en raison de la faible solvabilité des acheteurs potentiels). Sans intervention de l'Etat, il n'y aurait un manque à gagner de bien-être social. L'Etat est alors fondé à intervenir de différentes manières : par des licences obligatoires, ou en se portant acheteur de licences et en faisant produire par une entreprise publique (quoique cette formule ne soit pas habituelle), ou encore en subventionnant une production privée.

2. Un cas très proche : l'Etat est aussi fondé à intervenir lorsque le marché correspondant à l'invention est trop étroit et n'intéresse pas les entreprises privées.

3. Un troisième cas aussi très proche se présente lorsque l'activité visée est rentable mais que l'entreprise qui souhaite produire peut avoir des difficultés en raison des coûts de démarrage et d'apprentissage : dans ce cas qualifié de "*infant industry argument*", l'Etat peut apporter son aide sur une période limitée. Ce type d'intervention est dérogatoire à l'esprit des accords de l'OMC dès lors que les produits sont exportables. Il est cependant concevable dans les limites d'une économie nationale.

4. Lorsqu'une invention peut avoir des impacts négatifs (externalités négatives) sur la société ou l'environnement, l'Etat peut intervenir réglementairement (autorisation ou normes).

5. Lorsque l'entreprise détentrice de l'innovation est en situation de monopole, l'Etat peut réguler le monopole soit par démantèlement, soit en encadrant les prix.

Concernant les innovations à venir, on distingue traditionnellement trois conditions complémentaires :

6. Lorsque qu'une idée de produit apparaît comme pouvant avoir un caractère important d'utilité publique mais que la recherche pour le créer semble trop risquée pour les entreprises, l'Etat peut intervenir pour subventionner la recherche des entreprises, ou passer des commandes pour assurer des conditions initiales de rentabilité.

7. Lorsque, là encore, une idée de produit apparaît comme pouvant avoir un caractère d'utilité publique important et qui est lié à l'intérêt stratégique de l'économie nationale en raison des effets attendus, l'Etat peut décider de réaliser lui-même les recherches dans un cadre strictement public. L'intérêt stratégique peut être lié au caractère générique de l'invention et donc au potentiel de contrôle et de verrouillage de l'innovation ultérieure qu'il contient. Dans ce cas, ce critère se rapproche de celui de la lutte contre le monopole. L'intérêt stratégique peut aussi être lié à la sécurité nationale (qui est un bien public).

8. Enfin, lorsque l'idée de produit comporte des risques d'impact négatif, l'Etat peut intervenir par un encadrement législatif et réglementaire.

Muni de la totalité de ce référentiel, on peut maintenant l'appliquer au domaine de l'amélioration des plantes afin d'en tirer des éléments de positionnement pour la stratégie de la recherche publique.

2. L'application de la notion de bien public à l'amélioration des plantes

Il faut d'abord définir concrètement les différents objets sur lesquels on veut appliquer les raisonnements. A ce titre, il faut distinguer :
- les ressources génétiques et les produits de l'amélioration et de la création en génétique,
- les outils et méthodes de recherche en amélioration,
- les activités de recherche et de production vues comme institutions et organisations.

On s'intéressera ici essentiellement aux ressources et aux produits, et pour chacun, on rappellera les choix publics qui ont été faits et on identifiera les questions des choix publics qui se posent.

Les ressources génétiques et les produits de la génétique

En établissant une liste partant des ressources telles qu'on les trouve dans la nature et en allant vers les formes améliorées avec des techniques de plus en plus sophistiquées, on peut distinguer :

1. Les ressources génétiques sauvages : ce sont les très nombreuses espèces (utilisées ou non par les sociétés) qui n'ont pas fait l'objet d'amélioration génétique ni de culture (la culture pouvant entraîner la mise en place de procédures de sélection). Ce ne sont pas des produits de l'amélioration des plantes – objet de ce colloque – mais il est utile à cette occasion de les inclure pour que les raisonnements soient complets.

2. Les ressources génétiques sauvages possédées par des acteurs publics ou privés dans des banques et collections. On peut faire la même remarque, mais se pose souvent ici le problème du financement de ce qui apparaît comme une ressource publique.

3. Les variétés ancestrales : ce sont des "variétés populations" améliorées pendant de nombreuses générations par des producteurs souvent sous un régime communautaire.

4. Les variétés anciennes améliorées par des entreprises et tombées dans le domaine public : ce sont des "variétés populations", des lignées ou des hybrides.

5. Les variétés améliorées par des méthodes de sélection et d'hybridation encore protégées par des certificats d'obtention. Ce sont des "variétés populations", des lignées, des hybrides.

6. Les variétés hybrides.

7. Les Variétés Génétiquement Modifiées (VGM).

8. Les gènes et leur fonction correspondante identifiée, ainsi que les séquences.

Chacun de ces types peut donc être analysé en s'interrogeant sur :
- le caractère intrinsèquement public ou privé,
- le caractère public ou non qui s'attache aux externalités éventuelles,
- le caractère de propriété intellectuelle qui s'y attache.

On peut alors identifier les questions qui émergent de ces analyses et en tirer des conclusions quant au rôle de la recherche publique.

Les ressources génétiques sauvages

Tous d'abord, elles sont hors champ de cette analyse car, par définition, elles ne sont pas améliorées. Il est cependant important de rappeler leur statut.

L'accès à ces ressources est physiquement relativement facile car les formes sauvages se trouvent partout dans la nature. Elles se font rares dans les régions d'agriculture spécialisée (fossés, bords de champs, bosquets résiduels), mais à l'extrême opposé, elles composent la plus grande partie des végétaux des zones inexplorées. Cette abondance, et le fait qu'il n'y ait habituellement pas concurrence dans l'accès à ces ressources et à leur usage leur confère localement un caractère de bien intrinsèquement public.

C'est pour cette raison que ce caractère de bien public avait été confirmé par l'Engagement International sur les Ressources génétiques en 1983 faisant des ressources génétiques sauvages un "bien commun de l'humanité". Elles pouvaient ainsi être considérées comme un Bien Public Mondial c'est-à-dire un bien en accès libre universel, faisant, de plus, l'objet d'un statut original quant au mode d'appropriation.[3]

Cependant la raréfaction des régions inexplorées (en particulier la forêt tropicale humide qui comprend une part importante de la diversité des espèces végétales) et l'intérêt de plus en plus marqué des firmes et de la recherche publique pour identifier parmi ces plantes sauvages des gènes et des molécules utiles, créent une situation de concurrence. Cette concurrence est avivée par le fait que la législation du brevetage des Etats-Unis d'Amérique permet de déposer des brevets sur les molécules d'intérêt qui sont ainsi identifiées. Aussi, la connaissance des vertus des plantes sauvages, dès lors qu'elle donne des indications sur la valeur potentielle des principes actifs et des fonctions spécifiques qu'elles recèlent, devient-elle un enjeu vif de compétition. Dans ce contexte, l'accès physique à ces ressources étant relativement facile, chacun peut chercher à identifier rapidement les principes actifs, puis les gènes, les fonctions, les voies métaboliques et les molécules correspondantes et, bien qu'il s'agisse d'une découverte, déposer un brevet. Cela aboutit à priver ceux qui étaient détenteurs de l'information initiale (en particulier des communautés indigènes) des capacités d'exploitation de l'information qu'ils détenaient antérieurement. Pour ces raisons, les Etats sont collectivement convenus dans le cadre de la Convention Biodiversité (CBD) d'établir leur souveraineté sur ces ressources sauvages. La souveraineté conditionnant le droit d'accès, ces ressources n'ont donc plus le caractère de Bien Public Mondial. Mais la CBD ne statue pas sur le droit qui s'applique dans le cadre national ; ainsi, ces ressources peuvent garder le caractère de bien public national. Plus généralement, elles ont le statut de bien privé national (appartenance au domaine privé de l'Etat).

[3] Un bien public mondial se différencie d'un bien public international dans le sens où mondial se réfère à toute personne du monde (universalité) alors qu'international se réfère à tout Etat du monde.

La souveraineté nationale donne la possibilité à tout Etat de passer des accords concernant la prospection et l'analyse de ces ressources, puis la valorisation des découvertes. Le compartimentage national des droits d'accès résultant de la CBD ouvre ainsi la porte à un marché international des droits d'usage des ressources génétiques. Conscients des risques d'accroissement des inégalités entre pays disposant de beaucoup de ressources, et pays n'en disposant que de peu, et du risque d'accumulation des pouvoirs de valorisation pour quelques firmes internationales en situation d'oligopole, la communauté internationale des Etats a négocié en 2001 un accord sur les échanges de matériel génétique.

Les ressources génétiques sauvages situées dans des banques génétiques et les collections

La différence avec le cas précédent est que les ressources sauvages ont été collectées et conservées dans des banques et collections. Une valeur spécifique s'y attache donc : celle d'avoir fait l'objet d'un travail d'identification, de conservation et d'une sauvegarde éventuelle si l'espèce ou la variété est rare ou menacée. Par ailleurs, l'accès à ces ressources est physiquement contrôlé, et les faibles quantités de graines ou de plants disponibles en font des biens rares. Cela leur confère un caractère intrinsèque de bien privatif.

Dans la très grande majorité des cas, elles ont cependant été collectées sous un régime antérieur à la signature de la CBD, ce qui leur confère un caractère juridique de Bien Public Mondial. Mais, se situant dans des pays divers, leur statut juridique dépend des règles de chacun des pays. En France, dès lors qu'elles sont regroupées en collections, elles se situent dans le cadre de propriété particulier des droits du collectionneur. Les ressources détenues par les firmes sont considérées comme capital privé. Celles qui sont détenues par les Centres Internationaux de Recherche Agricole du GCRAI ont un statut plus complexe lié à la constitution juridique de chacun des centres, aux règles communes à l'ensemble de ces centres dans le cadre du Groupe Consultatif de la Recherche Agronomique Internationale (GCRAI), mais il semble admis par la communauté internationale que ce statut ne doive pas changer pour toutes les ressources collectées avant la signature de la CBD et que rien non plus ne doive changer en matière de possibilité d'accès libre aux collections, ce qui, *de facto*, confirmerait leur caractère de Bien Public Mondial.

L'intérêt de la recherche publique française dans ce domaine des collections et des banques est de favoriser le plus possible la transparence et l'échange entre Etablissements publics nationaux à l'échelle de la planète, afin d'inciter à une grande fluidité dans la circulation.

Les ressources génétiques anciennes améliorées au cours de l'histoire par les producteurs agricoles

Ces ressources ont connu une sélection généralisée. Ce sont des variétés populations. Si elles sont en circulation libre dans une société, il n'y a pas de problème d'accès et de concurrence en raison de leur abondance. Elles ont donc un caractère intrinsèque de bien public au sein des sociétés où elles circulent. Comme il n'y a généralement pas de restriction dans l'accès pour des tiers extérieurs à ces sociétés, tout le monde peut les utiliser en particulier comme base de travail pour des améliorations ultérieures. Toute l'histoire de l'amélioration moderne est issue de ce passé.

Chaque utilisateur dans la société multiplie en permanence ces ressources, et éventuellement continue à les améliorer. Cette pratique a fondé le droit des producteurs à multiplier des semences améliorées hors de toute revendication par des tiers d'une propriété intellectuelle.

Aujourd'hui, certaines organisations de producteurs agricoles, au nom du fait que les agriculteurs d'aujourd'hui ont hérité de leurs prédécesseurs le travail d'amélioration et de connaissance des caractères propres des différentes variétés, disent que les agriculteurs sont dépossédés de ces acquis lorsque des entreprises de recherche (privées ou publiques) reprennent leur matériel génétique comme base de travail d'amélioration puis obtiennent des droits de propriété intellectuelle. Pour cette raison, la communauté internationale a reconnu dans la CBD des droits spécifiques pour les communautés d'agriculteurs. Mais la mise en œuvre de tels droits se heurte à la difficulté de définir les institutions bénéficiant de la personnalité morale et juridique permettant aux ayants droit de faire valoir ceux-ci. Quand bien même elles en disposeraient, auraient-elles une capacité de négociation suffisante, tant

vis-à-vis des utilisateurs que des Etats eux-mêmes, à qui la souveraineté sur les Ressources Génétiques confère la capacité d'interlocuteur désigné vis-à-vis des firmes et d'autres Etats. Afin de mieux faire valoir les droits historiques des communautés humaines qui ont amélioré les plantes, certaines Organisations Non Gouvernementales cherchent à constituer des organisations paysannes pouvant constituer le support de la reconnaissance effective des droits. En Inde par exemple, la Fondation de Recherche M.S. Swaminathan incite les personnes privées à collecter les ressources génétiques et les variétés anciennes afin de les déposer dans les banques génétiques avec mention de leur nom propre et de leur village de provenance dans le but de porter et de valoriser éventuellement des droits collectifs.

Lorsque ces ressources améliorées sont situées dans des banques et des collections, nous sommes dans le même cas de figure que pour les ressources génétiques sauvages ci-dessus.

Les variétés améliorées par des firmes mais tombées dans le domaine public

Ce sont des variétés populations, des lignées, ou des hybrides, dans certains cas des clones. Dès lors que les droits de propriété intellectuelle sont échus, il n'y a plus de conditions particulières de droit pour l'accès aux ressources. Au titre de la propriété intellectuelle, ces ressources sont des biens publics, mais en tant que produits de l'industrie semencière, elles restent des biens privés marchands. Elles peuvent être aussi des bien privés non marchands lorsque les semences et plants sont multipliés à l'infini par les producteurs pour leur usage personnel.

Les mêmes variétés améliorées mais protégées par le droit de propriété intellectuelle

Les firmes réalisent des travaux d'amélioration de plus en plus sophistiqués et coûteux. Pour assurer le retour sur leur investissement, il a été nécessaire que le droit garantisse leur rémunération par les utilisateurs. En effet, dès lors que des semences améliorées peuvent être multipliées sans altération à travers le temps (variétés populations, lignées, clones), leur multiplication par des tiers pourrait être illimitée et l'accès devenir ainsi relativement libre, leur conférant ainsi un fort caractère de bien public intrinsèque. Le seul moyen possible pour que leur travail d'amélioration soit rémunéré, est donc de bénéficier d'un droit de propriété intellectuelle. Les variétés améliorées facilement multipliables ont donc un caractère intrinsèque de bien public et seul le droit peut imposer une rémunération de l'obtenteur.

Le cas des hybrides est un peu différent. Ce qui les différencie des autres obtentions variétales est le fait que les utilisateurs soient obligés, s'ils veulent disposer d'une semence ayant les mêmes caractéristiques, de racheter des semences nouvelles tous les ans. Dans ce cas, le droit de propriété intellectuelle est susceptible de rapporter plus facilement des revenus que dans le cas où les variétés pourraient être reproduites par le producteur agricole. Les enjeux économiques sont donc plus importants. Le caractère intrinsèque de bien privé est donc accentué puisque l'accès est totalement contrôlé.

En France, la protection tant des variétés améliorées classiques que des hybrides est matérialisée depuis 1968 par le Certificat d'Obtention Variétale (COV) après l'adhésion à la Convention de 1961, et aux Etats-Unis par des brevets *(plant patents)*. Le COV est accordé sous trois conditions : la distinction de toute autre variété connue, l'homogénéité de la variété, et la stabilité lors de la multiplication. On peut protéger de cette manière toutes les inventions issues d'un travail d'amélioration génétique, par exemple des hybrides, des mutants ou des clones issus de sélection. Les droits de l'obtenteur ne s'opposent pas à une utilisation du matériel génétique par des tiers pour une amélioration complémentaire. L'innovation des uns peut ainsi s'ajouter à l'innovation des autres sans risque de verrouillage technologique au profit d'une entreprise. Cette formule est donc très favorable au progrès général et stimule les potentialités de recherche. Actuellement 52 pays ont adopté ce type de droit dans le cadre de l'UPOV (Union pour les obtentions végétales).

Cette forme de droit préserve de la même façon les intérêts de la recherche publique et ceux de la recherche privée. La possibilité d'additionner les innovations sur une même variété garantit pour la recherche privée la possibilité d'œuvrer dans le sens de la mise à disposition du progrès génétique pour des catégories de producteurs à faibles ressources.

De la même manière que pour les variétés améliorées par des méthodes de sélection classique, la propriété intellectuelle est contradictoire avec le caractère d'utilité publique de la demande des

producteurs pauvres de bénéficier de "semences essentielles" hors de ces droits (tout comme les médicaments). Elle est aussi contradictoire avec l'intérêt public, rappelons-le lorsque la firme productrice est en situation de monopole. L'Etat est donc fondé à intervenir pour corriger si nécessaire ces défaillances de marché.

Les Variétés Génétiquement Modifiées

Plus encore que pour les hybrides et la sélection moderne, les travaux d'obtention demandent des efforts de recherche importants. De plus, les recherches débouchent sur des inventions qui ont un caractère d'innovation de rupture car la probabilité que la nature ait pu produire la même chose est extrêmement faible. La propriété intellectuelle est donc bien fondée, mieux que dans le cas des hybrides, ce qui leur confère un fort caractère de bien privé. Cependant, les variétés obtenues sont multipliables par les producteurs (sauf à introduire un gène bloquant la reproduction) ce qui leur confère aussi un caractère de bien public. Ces variétés pourraient être protégées par des COV. Mais l'importance de l'innovation, et la volonté des firmes de ne pas donner à d'autres la possibilité d'améliorer le produit existant les a amenées, là où cela est possible – aux Etats-Unis – à préférer le brevetage (aux USA, *utility patents*). Si le COV préserve le libre accès aux ressources génétiques contenues dans la variété protégée, le brevet, en revanche l'interdit et bloque l'utilisation de la variété améliorée pour des besoins ultérieurs de recherche pendant la durée légale de vie du brevet. Cela ne devient possible qu'avec des licences de dépendance dont l'octroi est conditionné par des contrats d'alliance. Ainsi, une même firme, en accumulant les brevets et en les enchaînant dans le temps peut verrouiller le développement scientifique d'un secteur de recherche. La généralisation des brevets devient ainsi une menace pour la recherche publique. Rappelons qu'en Europe, les variétés végétales en tant que telles ne peuvent pas être protégées par brevet, et que la Commission européenne a souhaité renforcer la possibilité d'obtenir des licences de dépendance. Cependant, la négociation de ces licences pourrait devenir de plus en plus difficile, car la création d'une variété nouvelle pourrait faire appel à un nombre de plus en plus grand de brevets.

La confrontation entre le caractère breveté de ces variétés et le fait qu'elles puissent être facilement reproductibles par les agriculteurs (effet de contraste entre le caractère privé de l'invention et le caractère intrinsèquement public du produit), crée aux Etats-Unis des situations nouvelles : l'interdiction de multiplier amène les firmes à vouloir contrôler les fraudes sur le terrain et à ester en justice contre les producteurs chez lesquels on trouve des VGM cultivées sans avoir acquitté des droits. La généralisation de ces comportements amènerait à développer une suspicion généralisée des firmes vis-à-vis des producteurs ce qui constituerait un scénario peu compatible avec la culture du monde des producteurs agricoles, comme de nombreuses réactions l'attestent déjà dans le monde et en France où les semences de ferme sont en effet autorisées dans des limites raisonnables et dans le respect des droits légitimes des obtenteurs.

Les gènes et leur fonction, les séquences

Le brevetage s'applique aux gènes et leurs fonctions lorsque celles-ci ont un caractère d'utilité (aux Etats-Unis) ou une application industrielle (en Europe). La pratique usuelle aux Etats-Unis amène aussi à breveter des séquences. Cette pratique du brevetage des gènes et des séquences se heurte au fait que l'on ne peut pas toujours associer de manière biunivoque un gène, une séquence et une fonction en raison des interactions entre les gènes et des facteurs épigéniques. Elle pose aussi des problèmes de droit en lui-même : déposer un brevet sur un gène ou sur une séquence, c'est déposer un brevet sur une découverte. Il n'y a éventuellement invention – cela aussi peut être discuté – que lorsque l'on est capable d'apporter une démonstration expérimentale qui devrait établir indiscutablement le caractère d'application industrielle.

Par ailleurs, la montée en puissance des VGM pose d'autres problèmes pour les agriculteurs. En effet on peut penser que, progressivement, l'ensemble des variétés améliorées intéressantes pour les producteurs seront des VGM faisant l'objet de droits de propriété (l'usage des variétés classiques devenant limité) ce qui pourra être interprété comme une "confiscation historique" de la possibilité d'accès libre aux variétés dont les agriculteurs avaient bénéficié jusqu'ici. On peut comprendre que les agricultures des pays industriels puissent consentir à acheter tous les ans ces variétés nouvelles si elles

apportent des avantages importants. Pour les agricultures familiales des pays en développement, il est dans la plupart des cas impossible pour des raisons de pauvreté d'acheter de telles variétés. Cette perspective ne peut donc être que lointaine alors que leurs besoins actuels en amélioration des plantes sont immenses et que, dans certains cas, cela pourrait nécessiter d'utiliser des VGM. Aujourd'hui, il y a donc contradiction entre l'intérêt général des agricultures pauvres et l'intérêt des firmes.

Les techniques d'obtention des VGM

Les brevets portent aussi sur les techniques d'obtention des VGM. L'arrivée périodique de nouvelles techniques protégeables par brevet constitue aussi une menace de verrouillage technologique. En effet, une prise de brevets concernant une succession de procédés s'enchaînant, ou un même procédé connaissant des améliorations permet une avancée technique qui confirme à la firme détentrice une position durable de leader de sa branche. Il est en effet très risqué pour une autre firme d'entreprendre des recherches en compétition sur le même sujet. Une firme qui accumule des avances techniques peut ainsi progressivement acquérir une position de monopole, ce que la loi condamne. Cette situation n'est pas bonne pour différentes raisons :
- le progrès est potentiellement limité par le fait que seul un petit nombre de chercheurs appartenant à l'entreprise sont mobilisés pour assurer la poursuite du progrès ;
- les autres firmes n'ont alors pas d'autre solution que d'acheter des licences ou de tenter à certaines occasions de racheter la firme propriétaire, ce qui renforce les tendances monopolistes et aboutit à laisser beaucoup de brevets inutilisés si la firme qui les a acquis n'est pas intéressée ;
- beaucoup d'entrepreneurs ne pourront jamais entrer sur ce marché en raison de l'importance du ticket d'entrée. Les PED en particulier sont *a priori* exclus.

La notion de bien public et l'activité de production scientifique

La question qui est maintenant posée est celle, non plus de la nature publique ou privée des résultats, mais celle du caractère public ou privé que peut revêtir l'activité de production scientifique.

L'activité de production scientifique est intrinsèquement une activité en accès libre au sens où tout le monde peut l'entreprendre, de la même manière que toute activité économique. Elle se pratique à partir de savoirs instrumentaux dont le caractère est public comme toute connaissance. Cependant, le "ticket d'entrée" est élevé en termes d'apprentissage car l'activité dépend du fait de pouvoir disposer du capital humain nécessaire (les chercheurs et les techniciens). Sachant que leur formation est largement réalisée dans des Universités publiques, il n'est pas difficile pour toute firme privée ou organisme public de constituer les équipes et d'entreprendre des travaux.

Rien ne désigne donc par nature plus le secteur public que le secteur privé pour réaliser des recherches finalisées, mais l'accès libre à l'activité et le fait qu'elle puisse produire des biens protégeables par la loi fait de la recherche finalisée une activité à forte destination privée. Nous sommes donc ramenés à un problème de décision publique classique : sachant que l'activité de recherche et d'invention produit des biens et que ces biens ont un contenu souvent composite (public et privé) conféré par leur nature intrinsèque et surtout par le droit, sachant par ailleurs que la recherche privée se déploie plus rapidement que la recherche publique, quels sont les moyens par lesquels l'Etat peut intervenir lorsqu'il convient de garantir un caractère public à un bien, à un usage, ou à une production ?

Rappelons que l'intervention de l'Etat est fondée dans les cas :
- de défaillance du marché (utilité publique forte mais pauvreté et insolvabilité des acheteurs, étroitesse du marché, monopole),
- et dans les cas où la sécurité publique est en jeu (sécurité militaire, sécurité sanitaire) ; ce concept de sécurité peut être étendu à celui de viabilité (viabilité économique, acceptabilité sociale).

Ce qui a été vu plus haut montre que l'Etat est concerné, en ce qui concerne l'amélioration des plantes, par les aspects suivants :
- l'exclusion des utilisateurs à faible revenu de l'accès au progrès,
- l'absence de progrès pour les utilisations représentant un marché trop étroit,

- l'impossibilité de disposer d'une expertise scientifique se situant au même niveau de compétence que les firmes pour contrôler les externalités et exercer le pouvoir réglementaire,
- la perte d'autonomie technologique et économique ayant des effets négatifs sur la croissance et le développement.

Pour le domaine de la coopération et l'aide publique au développement, l'Etat dans les pays donateurs est concerné par le fait que se déploient des mécanismes de dépendance et de pauvreté au détriment des PED et par le fait que certaines capacités existantes (entreprises, brevets) ne sont pas utilisées alors que les besoins sont importants.

Pour toutes ces raisons, l'Etat doit pouvoir disposer d'une recherche autonome indépendante des firmes, ce qui suppose de réaliser des investissements à la même hauteur, ou à tout le moins permettant de maîtriser les mêmes techniques.

Par ailleurs, l'Etat est amené à prendre des droits de propriété intellectuelle au même titre que les firmes, d'une part dans le but de protéger cette propriété dans le domaine public, et d'autre part pour avoir accès aux brevets du secteur privé au travers des mécanismes d'échange de licences. Il ne pourra le faire qu'à la condition de pouvoir financer, et de disposer d'un portefeuille suffisant de brevets. En dernier recours, il pourrait utiliser éventuellement des arguments d'utilité publique, ce que les firmes pourraient comprendre et négocier.[4]

Ces différents types d'intervention de l'Etat supposent bien évidemment l'existence d'une recherche publique. Celle-ci doit par ailleurs avoir une taille suffisante pour prétendre jouer dans la même cour que les firmes internationales. Ce jeu se déployant à l'échelle mondiale, et les intérêts publics des grands pays agricoles ayant beaucoup en commun, il serait utile que les recherches publiques nationales se coordonnent à l'échelle internationale et mettent en commun leur portefeuille de brevets. Cette hypothèse existe aux USA, ce devrait être aussi le cas en Europe.

En conclusion

Nous avons vu que les produits de l'activité d'amélioration ont toujours une nature composite : ils ont à la fois des caractères de bien privé et des caractères de bien public. Ces contenus partiels en bien public (caractères intrinsèques, caractères d'utilité publique, externalités) légitiment l'intervention de l'Etat dans des cas particuliers que l'on peut résumer ainsi :
- aller dans le sens d'un accès universel lorsqu'il y a un contenu d'utilité publique ;
- assurer ce que le marché ne peut pas faire spontanément lorsque les clients sont peu solvables, lorsqu'il y a absence d'entrepreneurs, qu'il y a monopole ou asymétrie importante de pouvoir sur les marchés, en particulier oeuvrer pour éviter un verrouillage technologique monopolistique et garantir un accès facilité aux inventions ayant un fort caractère de généricité (utilité publique) ;
- garder une capacité d'expertise au plus haut niveau technique afin de surveiller les éventuels impacts négatifs et évaluer les impacts positifs, garantissant à l'Etat une capacité d'expertise technique pour la préparation des décisions.

Une deuxième conclusion est que la protection des variétés par COV est préférable à la protection par brevets dans la perspective de protéger le bien public. Les COV ont le grand avantage de permettre la protection des variétés "en tant que telles" tout en préservant le libre accès aux ressources génétiques contenues dans la variété protégée. Cette formule favorise donc l'innovation variétale qui résulte de recombinaisons dans le fonds génétique de l'espèce. En soi, le COV est plus proche de la notion de bien public que le brevet, tant pour l'ouverture de l'accès que pour le fait de favoriser le progrès technique dont une grande partie est de nature à créer du bien-être public.

Une troisième conclusion est qu'il faut anticiper la constitution d'un nouveau type de marché de droits de propriété intellectuelle. Dès lors que les recherches publiques nationales ont toutes des intérêts de

[4] Lors de la constitution de Génoplante, les partenaires privés ont accepté d'inclure une clause dérogatoire de cession de licences à conditions favorables lorsqu'une finalité de développement pour les agricultures pauvres est visée.

même nature, et dans la mesure où l'ensemble mondial des recherches publiques constitue un pouvoir potentiellement important, dans la mesure aussi où les firmes privées ont intérêt à entrer dans une logique d'échange de licences avec le secteur public et entre elles, le développement de mécanismes internationaux de marché de droits de propriété intellectuelle semble inéluctable. Ce nouveau marché international devrait être caractérisé par le fait que les droits de propriété intellectuelle ont des contenus hybrides en termes de bien public et de bien privé, dans des proportions variables (certaines licences ayant à l'extrême une qualité de bien public, et d'autres à l'autre extrême de bien fondamentalement privé). On peut donc considérer qu'il est d'ores et déjà nécessaire de réfléchir à l'organisation de ce marché ; son caractère mixte (privé-public) induisant la nécessité d'une organisation sans préjuger sa nature. Une phase préparatoire pourrait être de créer un mécanisme de *clearing house* publique. Un tel mécanisme comprend d'abord un système d'information en accès libre permettant de rassembler, et d'étudier l'ensemble des brevets et COV afin de faciliter pour tout utilisateur la recherche des accès dont il a besoin pour ses propres objectifs. C'est aussi et surtout un moyen de mutualiser l'ensemble des licences des participants en sorte que tout utilisateur des brevets puisse avoir accès aux licences lui permettant de réaliser son innovation. Un premier pas serait de le réaliser à l'échelle européenne comme cela se réalise aux Etats-Unis, puis d'unifier l'ensemble du mécanisme commun aux recherches publiques.

Un pas supplémentaire serait de définir une instance internationale de négociation sur les accès publics privilégiés et concessionnels à la propriété intellectuelle détenue par les firmes afin de réduire les risques d'accroissement des inégalités économiques et sociales qui résulteraient d'une distribution très inégale des nouvelles capacités productives liées aux progrès de la recherche. Cette instance de négociation pourrait déboucher un jour sur l'élargissement du mécanisme de *clearing house* à l'ensemble du secteur public et privé mondial. En effet, on peut penser que les verrouillages résultant des brevets finiront par gêner les grandes firmes ainsi que les petites firmes innovantes, et les amener à accepter dans le meilleur des cas une mutualisation des licences.

Enfin, dernier point de cette conclusion : cette réflexion amène à penser qu'il est d'ores et déjà indispensable en France :
- de constituer un pool de brevets de l'ensemble du système public en vue d'une gestion commune,
- de structurer les recherches du domaine public de manière à les rendre plus synergiques et de manière à atteindre des tailles et des niveaux d'efficacité au niveau de ceux des quatre grandes firmes internationales.

Pour en savoir plus

Barton J.H., Siebeck W., 1992, *Intellectual property rights for the International Agriculture*, Research Centers. Cgiar. Issues in Agriculture. 4. Washington.

Brenner C., 1998, *Intellectual property rights and technology transfer in developing countries agriculture. Rhetoric and reality*, OECD Research Papers 133.

Celarier M.F., Marie-Vivien D., 2002, *Les droits de propriété intellectuelle. Guide pratique*, CIRAD.

Collins W., Petit M., 1998, *Strategic issues for national policy decisions in managing genetic resources*, The World Bank. Esdar special report 4.

Correa C.M., 1994, *Sovereign and property rights over plant genetic resources*, Commission on plant genetic resources. First extr. Session. Roma.

Feyt H., 2001, "Propriété intellectuelle et sélection dans les pays du Sud", In OCL vol 8, N 5, 546-50.

Lele U., Lesser W., ed., 1999, *Intellectual property rights in agriculture. The World Bank's role in assisting borrower and member countries*, The World Bank. Essd. Washington.

Leskien D., Flitner M., 1997, *Intellectual property rights and plant genetic resources options for a sui generic system*, Ipfri. Roma.

Paillottin G., 2001, Rapport présenté à partir des auditions et débats du Comepra de l'Inra lors des séances du 22.03., 17.05, 11.12.2000 et 22.01, 26.02, 09.05, 12.10, et 23.11.2001 ; et avis du Comepra sur la brevetabilité dans le domaine des végétaux adopté le 31.01.02. INRA. Paris.

RAFI, 1997, *Enclosures in the mind: intellectual monopolies. A resource kit on community knowledge, biodiversity and intellectual property*, Rural Advancement Foundation International. Ottawa.

Schlager E, Ostrom E., 1992, *Property regimes and natural resources; a conceptual analysis*, Land Economics 68(3): 249-62

Solagal, 2000, "Génomique, les risques d'appropriation du vivant", *Le courrier de la planète* 57.

Swanson T.M., Pearce D.W., Cervigni R., 1994, *The appropriation of plant genetic resources for agriculture: an economic analysis of the alternative mechanisms for biodiversity conservation*, FAO, Commission of plant genetic resources. Roma.

Van Wijk J., Cohen J.I., Komen J., 1993, *Intellectual property rights for agricultural biotechnology*, Isnar research report 3.

Watenberg P., 2000, "Brevetabilité du vivant, brevetabilité des gènes et autres 'appropriations du vivant'", Intervention à la journée génomique du Conseil Scientifique de l'INRA du 28.11.2000.

Winkelman D., 1998, *Report of the Cgiar panel on proprietary science and technology*, Cgiar, Brasilia.

Evolution des partenariats dans le département "Génétique et amélioration des plantes". L'exemple du maïs

Robert Dumas de Vaulx

UMR INRA-Université Clermont II, "Amélioration et santé des plantes"
Site de Crouël - 234 avenue du Brézet - 63039 Clermont-Ferrand cedex 2
devaulx@clermont.inra.fr

R. Dumas de Vaulx est l'adjoint chargé du partenariat et de la valorisation du département de Génétique et Amélioration des Plantes de l'INRA, depuis 1999, date de création de ce "nouveau métier" à l'INRA. Il a précédemment été Directeur des Unités d'Amélioration des plantes d'Avignon puis de Clermont-Ferrand.

Cette étude du partenariat basée sur l'exemple Pro-Maïs a été réalisée grâce à la collaboration de Philippe Carré (Pro-Maïs), de Maurice Pollacsek et de Jacques Bordes (INRA).

1. Introduction

Le partenariat avec le monde socio-économique est une composante historique et importante du département Génétique et Amélioration des Plantes (DGAP). Tout au long de ces 50 dernières années, ce partenariat a pris différentes formes pour s'adapter :
- à l'évolution et au positionnement des recherches en amélioration des plantes, et notamment celles conduites à l'INRA et plus particulièrement au DGAP,
- à la diversité et à l'évolution de nos partenaires, notamment semenciers,
- à l'organisation différente des filières, très variable selon les groupes d'espèces,
- aux différentes politiques des Ministères de l'Agriculture et de la Recherche,
- au contexte international.

Le partenariat a donc évolué sur le fond et sur la forme, avec des situations très variables selon les filières ou les champs thématiques. Au cours de ces dernières années on note, particulièrement pour notre département GAP, une accélération de ces évolutions avec les concentrations et les redéploiements de nos partenaires, la dimension internationale des recherches, notamment avec l'explosion de la génomique, le poids de la propriété intellectuelle qui dépasse et bouscule le concept du Certificat d'obtention végétale reconnu dans notre discipline.

Mais ces évolutions ne peuvent ignorer le poids de l'histoire : les liens qui se sont créés entre les laboratoires INRA et les laboratoires privés, souvent même des liens de confiance entre chercheurs, l'ancienneté des collaborations (les exemples sont nombreux : le Club des Cinq, Pro-Maïs...). Cette règle de confiance réciproque est maintenant encadrée de plus en plus, sans doute jusqu'à l'excès, par les notions de traçabilité, d'accords de secret, d'encadrement juridique, sans doute nécessaires mais qui alourdissent la mise en place des partenariats. Heureusement, au-delà du contrat de recherche lui-même, il reste l'esprit du contrat autour d'un projet de recherche, une liberté de réalisation par les chercheurs. De mémoire, on n'a jamais visité ce fameux Tribunal de Grande Instance de Paris !

Pour illustrer ces multiples notions et évolutions, on pourrait choisir de nombreux exemples dans les différents secteurs ou laboratoires du DGAP. Il faut savoir que le fichier des "partenaires", avec lesquels le département travaille, comporte plus de 130 noms (partenaires ou groupements de partenaires). J'ai choisi l'exemple de Pro-Maïs : c'est l'un des partenariats les plus anciens et les plus significatifs du département GAP, qui résume et illustre assez bien l'évolution des relations INRA-partenaires privés.

A partir du rappel de quelques dates et étapes clés de la structuration des professionnels du maïs et des relations avec l'INRA, une analyse des relations INRA-profession sera entreprise par le biais de l'analyse des contrats. Ils ont l'avantage d'être une mémoire objective et donnent la vision réelle des relations établies, de par leur forme et leur contenu.

2. Les dates clés dans l'évolution des partenariats du département GAP sur le maïs

Au cours des différentes périodes, le partenariat s'est construit progressivement. Pascal Byé (2002) a analysé la construction et la transformation des relations partenariales entre l'INRA et le secteur privé. Différentes logiques partenariales se sont construites progressivement :
- "une **logique participative** induite par les missions confiées à l'INRA dès l'origine et soutenue dans les années 60, par une forte demande liée à l'industrialisation des techniques agricoles" ;
- "une **logique de valorisation industrielle** mise en œuvre à la faveur de la structuration des filières agroalimentaires et répondant notamment, à partir des années 70, aux exigences de la concentration des entreprises et de l'internationalisation croissante des marchés" ;
- "une **logique de partage de risques** impulsée, à la fin des années 80, par la forte progression des connaissances dans le domaine de la biologie moléculaire et du génie génétique et par les redéploiements industriels opérés dans les bio-industries".

Nous verrons donc comment ces évolutions de la recherche et des semenciers dans la filière maïs illustrent ou se différencient du schéma proposé par P. Byé.

. Avant les années 1960

On se trouve bien dans une **logique participative**, qui correspond à un transfert tacite des connaissances de la recherche publique vers le monde industriel et se traduit par :
- un principe de personnalité : échange d'expériences *intuitu personae*,
- un principe d'opportunité : la facturation des connaissances fait peu intervenir les références des marchés ou des institutions,
- un principe de confiance réciproque,
- une circulation des informations dans le cercle étroit des partenaires qui se sont cooptés.

Les années qui suivent représentent les dates clés les plus significatives :

1934 : Création de l'Association Générale des Producteurs de Maïs (**AGPM**).

1946 : Création de l'INRA, développement des recherches sur l'amélioration du maïs (missions aux Etats-Unis, introduction de germplasm).

1947 : L'AGPM, sous la recommandation de L. Alabouvette et de l'INRA, commence à s'intéresser aux hybrides de maïs américains.

1949 Deuxième congrès International du Maïs à Pau : conclusion d'Alabouvette : "l'avenir du maïs en France est lié à la production de semences. Si vous vous engagez, je vous aiderai et nous ne serons plus contraints d'acheter les semences aux Etats-Unis. Je vous trouverai des lignées".

1950 : L'AGPM crée la Fédération Nationale des Producteurs de semences de Maïs (FNPSM). C'est l'entrée en lice des coopératives comme Limagrain, Coop de Pau, Maïsadour… et des établissements privés comme RAGT, Hodée, Lesgourgues, Saint Jeannet…

1952 : A l'INRA, obtention de la lignée F2, créée par le laboratoire de A. Cauderon.

1954 : La FNPSM devient interprofessionnelle en réunissant les entreprises semencières du secteur maïs (des établissements sélectionneurs aux agriculteurs-multiplicateurs).

1957 : L'INRA inscrit au catalogue 2 hybrides précoces : INRA 200 et INRA 244.

1957 : Fondation du Syndicat National des Etablissements Privés Agréés des Semences de Maïs (SNESAM).

1958 : l'INRA lance le célèbre INRA 258 qui va faire "exploser" le maïs en France puis en Europe. Les hybrides précoces cornés-dentés INRA détrônent les hybrides américains du fait de leur bien meilleure adaptation aux conditions agroclimatologiques et permettent l'extension de la zone de culture du maïs vers les pays les plus au nord de l'Europe (RFA, Bénélux, Pologne).

Cette période des années 1960 se caractérise donc pour l'INRA par une incursion dans le monde concurrentiel, avec le succès des nouvelles variétés qui répondent d'abord à un demande technologique d'origine agricole.

. Vers la création de Pro-Maïs

Les partenaires se regroupent, les techniques évoluent et le partenariat public-privé s'organise.

En 1959 est fondé le Syndicat des Groupements Coopératifs Agréés pour les Semences de Maïs (SYNCOMAIS). En 1961 (année aussi de la convention de Paris sur la protection des obtentions végétales), la FNPSMS passe le relais technique et financier, avec la création de la Société des Semences de base de Maïs (**SSBM**) pour gérer et organiser une production de semences de base de Maïs (hybrides). La SSBM est une SARL formée par deux actionnaires : SNESAM (établissements privés) et SYNCOMAIS (coopératives).

L'INRA crée de plus en plus de lignées et inscrit de nouveaux hybrides. Il faut alors organiser leur production, mais aussi associer les chercheurs de l'INRA et ceux des établissements pour que les résultats des uns profitent aux autres.

En 1968, avec l'appui de l'INRA, la SSBM fonde **Pro-Maïs**. Pro-Maïs est en quelque sorte un club de rencontre entre chercheurs INRA et privés. C'est un club très ouvert qui reçoit tous les établissements européens sélectionneurs de maïs installés en France sans distinction de nationalité.
Les statuts précisent en effet que pour être membre titulaire, il faut :
- posséder en France une station de recherche de base ou créatrice avec des techniciens,
- être présenté par deux membres de l'association,
- être agréé par l'Assemblée Générale sur proposition de la commission technique paritaire (représentants INRA + représentants des Etablissements membres) après un stage de deux ans.

L'association Pro-Maïs, créée le 24 septembre 1968, associe les entreprises suivantes : Pioneer-France Maïs, CACBA (qui devient Coop de Pau Semences), RAGT/Rodez, Maïs Angevin-Transunited, Limagrain, UNCAC, la SSBM (qui deviendra FRASEMA en 1973). La présidence est confiée à J.P. Monod (président de la SSBM) ; ce mandat lui sera renouvelé constamment depuis 1968. Pro-Maïs est signé entre des entreprises, mais il faut souligner le rôle majeur joué par leurs responsables qui ont été, à titre personnel, à l'initiative de cette association. J'insiste sur le poids de cette dimension "relations personnelles", qui existe toujours, mais était vraiment très important à cette époque.

Cette Association a pris forme pour présenter à l'INRA, conformément au souhait de l'Institut, un "**interlocuteur professionnel unique**". C'est donc une sorte de club de sélectionneurs structuré et doté de règles de fonctionnement ayant capacité (validée par les pairs) pour recevoir et utiliser les lignées de maïs mises au point par l'INRA (c'était une sorte de GELI avant l'heure). En contre-partie il y avait : reconnaissance et préservation des droits de l'obtenteur INRA, avec paiement d'un droit de licence à l'obtenteur INRA.

. Dans les années 1970

On rentre dans **une logique de valorisation industrielle**.

Pro-Maïs, créé depuis peu, illustre bien la structuration en filières en réponse aux exigences de la concentration d'entreprises et à l'internationalisation des marchés. La demande de technologies et matériels génétiques originaux s'intensifie.

Parallèlement, le maïs continue à se développer, et l'INRA souhaite codifier ses relations avec la profession et traiter avec un interlocuteur unique, notamment pour la production de semences. En 1973, la SSBM (SARL) donne naissance à la Française des semences de Maïs (**FRASEMA**, SA), constituée de 25 actionnaires sélectionneurs, et présidée par J.P. Monod. Et le 13 Août 1973, un contrat entre l'INRA et la FRASEMA est signé. Par ce contrat, important, la profession semencière pouvait accéder librement au matériel génétique public protégé, qui n'était réservé à personne en particulier. C'était l'ouverture vers un développement consensuel harmonieux entre l'INRA et la Profession.

. Dans les années 1980

Les accords s'inspirent encore largement de la logique participative, mais les relations recherche-industrie évoluent en prenant un tour plus collectif et institutionnel.

Des programmes de recherche et d'expérimentation en partenariat se mettent en place :

1979 : définition du "Programme Populations-Sources" pour recréer des populations qui soient source de nouvelles lignées projet financé par le Ministère de l'Agriculture, la FRASEMA et Pro-Maïs. D'autres conventions de recherche sont signées entre l'INRA et Pro-Maïs.
Les sélectionneurs privés commencent à créer leurs propres hybrides performants.

1979 : La FRASEMA crée des GIE, un par variété, avec ses actionnaires intéressés par l'un ou l'autre des hybrides INRA pour contrôler les productions par rapport aux besoins.

1980 : Création d'une plate-forme commune regroupant l'ensemble des établissements de semences de maïs (sélection, production, commercialisation) permettant de mieux coordonner l'action syndicale. C'est la création de la **SEPROMA** (Chambre syndicale des entreprises françaises de semences de maïs).

1979 : Décision de Pro-Maïs de tester toutes les lignées INRA nouvelles par le réseau des parcelles des sélectionneurs et de mettre en commun les observations réalisées.

1980 : Création du **GELI** (Groupe d'Etude des Lignées INRA)

. La fin des années 1980 et le début des années 1990

Ces années marquent un changement important de logique, avec l'entrée dans une **logique de risques partagés**, caractérisée par des recherches sur l'industrialisation des connaissances biologiques :
- avec un partage des tâches et des compétences définies *a priori* (ce *a priori* est très important),
- collectifs de moyens et d'équipements
- l'univers productif de références est à construire
- aucune certitude sur les résultats ou les délais
- reconnaissance mutuelle tacite

Parallèlement à cette évolution, c'est le grand mot "cadre" ("convention cadre") qui intervient dans nos partenariats. Le **17 avril 1992** est signée une **convention-cadre** entre l'INRA et Pro-Maïs. La **nouveauté** est que des projets d'action conjointe pourront être définis en commun ou proposés sous forme d'appel d'offres à l'initiative de l'INRA ou de Pro-Maïs. Les programmes retenus feront l'objet, pour chaque collaboration, de contrats particuliers, après avis du comité de liaison. En clair, tous les membres de Pro-Maïs ne sont pas obligés de participer à tous les projets ; ne participent et ne financent que ceux qui sont intéressés ; c'est la fin du programme "plus petit dénominateur commun". Des sous-groupes de membres intéressés sont donc constitués.

En **1993** sont signées : une convention-cadre Agri-Obtentions / Pro-Maïs ayant pour objet la procédure de mise à disposition de nouvelles lignées INRA, et une convention FRASEMA / Agri-Obtentions.

. Les années 2000

Cette **logique de risques partagés** est doublée au début des années 2000 par **une logique d'origine institutionnelle** destinée à la mise en œuvre des principes de protection et de précaution scientifique.

La fin des années 90 et le début des années 2000 sont marquées également par l'explosion de la biologie moléculaire et du génie génétique. C'est, en 1999, la signature de la convention de **GIS Génoplante** qui comporte un important programme sur la génomique du maïs, avec un fort investissement des partenaires privés de Génoplante (Biogemma et Rhobio) sur cette espèce.

En 2001, la **prorogation de la convention-cadre INRA - Pro-Maïs** pour 5 ans (avec effet en 2000) garde les mêmes termes, mais comporte l'ajout d'un rappel des engagements de l'INRA dans le GIS Génoplante. La conclusion est qu'après une clarification et un repositionnement des deux initiatives, le partenariat de l'INRA est tout à fait compatible avec Pro-Maïs et Génoplante. La preuve est que des contrats en cours sur maïs concernent ces deux groupes de partenaires indépendamment.

L'évolution des membres de Pro-Maïs (voir Tableau en Annexe) a été la suivante : l'association comprend 23 membres en 1996, 21 en 1998, 18 en 1999, 17 en 2000 et 15 depuis 2001. Cette réduction du nombre de membres correspond principalement à des fusions.

3. L'analyse des contrats INRA / Pro-Maïs

L'analyse des contrats montre qu'il faut attendre les années 1970 pour trouver les premières formalisations des partenariats. On était alors dans des transferts tacites, informels et souvent gratuits des acquis de la recherche publique. Le partenariat s'est donc construit sur ces bases qui ont facilité le développement de la profession semencière. On était dans un processus de valorisation diffuse, mais qui a prouvé par la suite son efficacité.

Les formes contractuelles sont arrivées peu à peu. Elles ont contribué à une plus grande lisibilité, mais aussi à définir des règles (de confidentialité ou de publication, de propriété et d'exclusivité) qui devenaient de plus en plus nécessaires face à "l'industrialisation et parfois à l'internationalisation" des partenaires.

Les années 2000 commencent avec une explosion du nombre et des formes de contrats, notamment dans le domaine des biotechnologies, de nature à déborder des armées de juristes ! Pour revenir à Pro-Maïs, la gestion du partenariat est grandement facilitée par la convention-cadre qui fixe une fois pour toute les points généraux et souvent délicats (secret, publication, propriétés).

L'analyse approfondie des principaux contrats INRA - Pro-Maïs illustre clairement les évolutions de forme, de contenus juridiques et scientifiques.

. Contrat INRA-FRASEMA 1973

C'est une convention de représentation exclusive et de promotion commerciale des variétés INRA.

La Société commerciale dénommée "Française des Semences de Maïs" qui regroupe les professionnels présents sur le marché européen des semences de maïs, a pour objet :
- la programmation de la production des variétés INRA,
- la production et la vente de semences de base INRA,
- la vente et l'achat de semences INRA (exportation et importation),
- la représentation et la défense des intérêts de ses membres.

Parallèlement, l'INRA désire se lier par convention à un interlocuteur national unique qui, dans le cadre d'un plan de développement de la production et de la commercialisation des hybrides INRA, assure les missions suivantes :
- organiser la promotion des variétés INRA,
- organiser la production des semences en respectant le plan de développement minimum,
- organiser les exportations et importations,
- dégager les bases d'une politique commerciale homogène,
- organiser le report des stocks.

Par cette convention, l'INRA confie à la Société :
- l'établissement du **développement de ses variétés** et du programme annuel de production,
- l'**exclusivité de la production et de la commercialisation en France** des géniteurs issus des souches de départ provenant des stations INRA,
- l'**exclusivité des achats à l'importation des variétés INRA** et de leurs géniteurs, et de leur commercialisation,
- l'**exclusivité des ventes à l'exportation des variétés INRA** dans les pays étrangers non liés à l'INRA par des contrats particuliers.

Il n'y a pas de transfert à la Société ou à ses membres des droits de propriété de l'INRA. Les **exclusivités** concédées par l'INRA seront rémunérées par le versement de redevances[1].
La convention est conclue pour 5 ans et renouvelable par tacite reconduction par période de 2 ans reconductibles. Elle est signée, le 13 Août 1973, par J. Poly, J.C. Bousset et J.P. Monod.

1. La base de calcul est définie par une convention annexe signée le 10 Mai 1973 entre l'INRA et : le SNESAM (syndicat des Etablissements privés) et SYNCOMAIS (syndicat des Etablissements coopératifs), qui étaient également actionnaires de FRASEMA SA en qualité de "fondateurs" de la Société des Semences de base de Mais (SSBM Sarl) qui oeuvrait au lieu et place de FRASEMA SA depuis les années 1963 (1963-1973).

. Convention INRA - Pro-Maïs de 1982 pour la création du GELI

Pour accélérer et améliorer l'évaluation de la valeur en combinaison des lignées de Maïs sélectionnées par l'INRA, Pro-Maïs met à la disposition de l'INRA un réseau d'expérimentation assuré par ceux de ses membres qui se constitueront à cette fin en "**Groupe d'Evaluation de Lignées INRA**", désigné sous la dénomination **GELI**.

Le GELI est une structure propre à Pro-Maïs. Chaque membre en est membre de droit à condition d'adresser au Président de Pro-Maïs une demande d'adhésion avant le 1er mars de chaque année.

La Convention, signée le 1er Juin 1982 par J.P. Monod et J. Huet (Chef du DGAP), stipule que :
- les lignées évaluées seront exclusivement des obtentions INRA qui a seul l'initiative du choix du matériel pour le GELI (lignées et hybrides croisés par un testeur, hybrides témoins) ;
- les modalités de réalisation des essais sont bien définies ;
- les résultats acquis dans le réseau GELI sont la propriété de l'INRA et de Pro-Maïs. L'INRA diffuse chaque année à Pro-Maïs les résultats (formules codées) obtenus dans le réseau, lequel diffusera ces résultats auprès des seuls membres du GELI ;
- l'INRA décide seul des lignées à protéger et à diffuser au vu des résultats. Il fournit à Pro-Maïs, à un prix fixé chaque année, une quantité de grains suffisante pour distribuer 500 grains à chaque membre du GELI ;
- l'INRA s'engage à ne pas diffuser ces lignées à compter de leur distribution aux membres du GELI : avant 3 ans aux Instituts de recherche étrangers ; avant 5 ans aux établissements de sélection ayant leur activité de création variétale à l'étranger ;
- le GELI mandate une commission technique de 4 membres renouvelée chaque année (avec un représentant de l'INRA), chargée du choix des sites d'expérimentation, de la définition des protocoles, de la diffusion des résultats.

Il faut noter que ce mode de fonctionnement servira de modèle pour la création du GELISOL pour les Oléagineux.

. Contrats de programme années 1980-1990

Le programme Populations Sources
Dès 1983, les établissements membres de Pro-Maïs et l'INRA décidèrent de développer ensemble un programme spécifique, avec le soutien du Ministère de l'Agriculture, pour enrichir, préserver et caractériser la variabilité génétique contenue dans la collection nationale des ressources génétiques de l'espèce maïs. L'étude a porté sur 1236 populations de maïs issues de différentes origines, qui ont été évaluées pour la valeur en grain et en fourrage, regroupées au sein de 32 pools génétiques, améliorées à l'aide de lignées élites, brassées pour favoriser les recombinaisons génétiques et améliorées par un premier cycle de sélection. Le matériel génétique obtenu à l'issu de ces travaux de sélection a été mis à la disposition de tous les participants et est venu enrichir la collection nationale des ressources génétiques de maïs.

Autres actions sur la méthodologie de la sélection
Les programmes engagés portent principalement sur l'étude de la diversité génétique, les méthodes d'amélioration (sélection assistée par marqueurs, haplodiploïdisation *in situ*), la qualité et la digestibilité du maïs fourrage.

. Convention-cadre de 1992

Pro-Maïs est **défini** comme l'ensemble des établissements sélectionnant le maïs ayant une station de recherche en France. L'INRA, pour sa part, manifeste son intention de continuer à s'intéresser à l'amélioration du maïs. INRA et Pro-Maïs manifestent leur intention commune de continuer à collaborer et ils se considèrent mutuellement comme **des partenaires privilégiés** (introduction de cette notion nouvelle : privilégié).

Des projets d'action(s) conjointe(s) pourront être **définis en commun** ou proposés sous forme d'**appels d'offres** à l'initiative de l'INRA ou de Pro-Maïs. Les programmes retenus feront l'objet

– pour chaque collaboration – **de contrats particuliers,** après avis du comité de liaison (constitué du Chef du DGAP et du Président de Pro-Maïs, assistés d'experts).

Les publications ou communications soumises à des tiers portant sur les travaux et résultats sont soumises à l'accord préalable des parties après avis du conseil scientifique du programme.

Mise à disposition des résultats :
- les populations améliorées issues des actions conjointes seront exclusivement réservées aux **participants du programme** considéré membres de Pro-Maïs et à l'INRA, de même que toutes les informations (méthodologies) s'y rapportant et ceci **de façon égalitaire et à titre gratuit** ;
- pas de transfert aux **membres de Pro-Maïs ne participant pas** au programme particulier avant une durée de **3 ans** à compter de la mise à disposition aux participants du programme ;
- les **lignées fixées** seront la propriété de celui qui les aura obtenues.

Résultats brevetables obtenus par l'INRA : **l'INRA en sera propriétaire** (protection à son nom et à ses frais). Les membres de Pro-Maïs participant au programme bénéficieront d'une option de licence **non-exclusive** sur ces résultats mais à des conditions de **redevances plus avantageuses**. Si l'**exclusivité** est consentie aux membres de Pro-Maïs participant au programme, celle-ci sera limitée à **3 ans** à compter de l'obtention du résultat.

. Contrat de Programme HD in situ 1997

L'objet est une opération de recherche commune concernant l'application en sélection de la gynogénèse *in situ* et l'amélioration de sa mise en œuvre pour certains de ses paramètres. Participe à ce programme, d'une durée de 4 ans, un **sous-groupe de 8 membres** de Pro-Maïs. En application des termes de la convention-cadre, l'INRA est propriétaire des résultats brevetables ou non ; la gestion des lignées se fait selon les conventions Agri-Obtentions/FRASEMA, AO/Pro-Maïs et INRA/FRASEMA.

. Avenant n°2 au contrat-cadre INRA-Pro-Maïs

Signé le 26 novembre 2001 avec effet au 17 avril 2000, pour une durée de 5 ans, l'avenant reprend les dispositions de la convention de 1992 pour la poursuite de la collaboration et met en place de nouveaux programmes de recherche, **dans le respect des engagements respectifs** des deux signataires. A cet effet, les parties soulignent leur attachement à une **validation par la Direction générale de l'INRA**, des propositions de programmes élaborées par les Stations du groupe "maïs" de l'Institut, compte tenu, en particulier, des engagements souscrits par l'INRA dans le cadre du dispositif **Génoplante**.

. Contrat de programme 2002

Exemple du Contrat particulier sur la Gynogénèse *in situ* du maïs
Parmi les membres de Pro-Maïs et sur la base des candidatures reçues, il a été constitué un sous-groupe pour la durée du programme entre 5 Sociétés. L'INRA fournit de la formation et du matériel biologique, et conduit les travaux. Pro-Maïs apporte des moyens financiers. Les règles de confidentialité et de publications sont régies par la convention-cadre. Les droits de propriété industrielle appartiendront à l'INRA. Les conditions d'exploitation des résultats sont régies par un article spécifique.

4. Conclusion

Et maintenant, quelles logiques partenariales pour le département GAP ?

Il faut sans doute raisonner selon plusieurs logiques complémentaires, conciliant les missions de transfert de connaissances vers la communauté scientifique (publications, accès public aux résultats) et une juste politique de valorisation (respect de règles de Propriété Intellectuelle). Les deux approches sont parfaitement conciliables, même dans le cadre de collaborations avec des industriels, avec des règles bien définies à l'avance et respectées.

Le partenariat entre public et privé relève à mon avis un peu de la logique de l'oxymore – qui consiste à rapprocher des termes apparemment contradictoires. Il s'agit bien d'essayer de concilier deux notions contradictoires, celles de bien public et de bien privé, pour construire une nouvelle logique au bénéfice, dans ce cas précis, de l'avancement de la recherche.

La réflexion s'appuie sur le nouveau schéma stratégique du département GAP[2] construit sur 4 axes. Cela se traduit par un repositionnement des recherches vers l'amont ou du moins le pré-compétitif. La réflexion conduite actuellement sur les perspectives de l'innovation variétale conduira également et inévitablement vers une redéfinition du partenariat, quelles que soient les conclusions.

Cependant, l'actualité va souvent plus vite que la réflexion et le Département doit réagir rapidement face à des modifications importantes de restructuration et de politique de nos partenaires, à l'insertion rapide de laboratoires dans de grandes initiatives nationales ou internationales avec souvent un durcissement des règles et la nécessité de solliciter encore plus les Directions d'appui de l'INRA dans les négociations dès l'amont.

Par ailleurs, le partenariat au sein du département GAP doit être en phase avec la charte de la propriété intellectuelle rédigée par l'INRA et celle du partenariat en préparation. Le Département amène sa propre contribution et son expérience dans la rédaction des ces chartes.

Annexe : L'évolution des membres de Pro-Maïs

1996	12 mars 1999	5 mai 2000	depuis le 18 avril 2001
Caussade semences	Caussade semences	Caussade semences	Caussade semences
Corn state international	Corn State international	Corn State international	Corn State international
Golden Harvest Zelder	Golden Harvest - Zelder	Zelder-Golden Harvest	Zelder-Golden Harvest
Limagrain Genetics	Limagrain Genetics	Limagrain Genetics	Limagrain Genetics
Maïsadour	Maïsadour semences	Maïsadour semences	Maïsadour semences
Semences Nickerson	Nickerson semences	Nickerson semences	Nickerson semences
Nordsaat France	Nordsaat France	Nordsaat France	Nordsaat France
Pionneer Genetique	Pioneer Genetique	Pioneer Genetique	Pioneer Genetique
RAGT	RAGT semences	RAGT Semences	RAGT Recherche R2N
SDME / KWS France	SDME / KWS France	SDME / KWS France	SDME / KWS France
Asgrow France	Asgrow France Monsanto SAS	Monsanto SAS	Monsanto SAS
Semences Cargill	Semences Cargill Monsanto SAS		
Verneuil Recherche	Verneuil Recherche	Verneuil Recherches	Verneuil Recherches
Mycogen			
Procosem semences	Procosem	Cebeco Semences	
Coop de Pau semences	Pau semences	Pau semences	Euralis Génétique
SOGES			
Rustica Prograin Génétique	Rustica Prograin Génétique	Rustica Prograin Génétique	
Ciba Geigy semences	Novartis seeds	Novartis seeds	Novartis seeds
Hilleshog NKS			
SES France / ICI seeds	Advanta France	Advanta France	Advanta France
Van der Have France			
Semundo France	-	-	-
23 membres	18 membres	17 membres	15 membres
	4 fusions + 1 disparition	1 fusion	2 fusions

2. Voir la présentation de Marianne Lefort

Bibliographie et sources d'informations

Monod Jean-Pierre, 1992, "FRASEMA® et l'expansion du Maïs hybride, 1961-1993", document du 30e anniversaire

Pro-Maïs, 1999, *L'aventure des Maïs hybrides en France*, plaquette éditée à l'occasion du 50e congrès du Maïs

Byé Pascal, 2002 : documents de travail internes INRA

Carré Philippe : communication personnelle et archives de Pro-Maïs

Pollacsek Maurice, Bordes Jacques : communications personnelles

Discussion

Question : Christophe Bonneuil a présenté les débuts de l'INRA comme une "recherche administrée", alors que vous parler de "logique participative" pour les débuts du partenariat au GAP. Comment peut-on concilier ces deux points de vues ?

R. Dumas de Vaulx : Je n'ai malheureusement pas pu assister à l'exposé de C. Bonneuil et je ne connais donc pas son point de vue. Concernant cette première phase, j'insiste beaucoup sur cette notion de construction de partenariats qui partent de la base, et sont fondés sur des relations personnelles. Je l'ai également observé dans d'autres secteurs que le maïs. A mon avis, l'aspect institutionnel est arrivé plus tardivement, avec notamment les "conventions cadres". C'est là que je situerais la rupture dans le système. Auparavant, ces questions de partenariat remontaient jusqu'au chef de département mais guère plus haut, ou même restaient au niveau du directeur de l'unité qui, à l'époque, avait un réel poids sur ces questions.

Question : Toutes les sociétés membres de Pro-Maïs ne font pas partie de Génoplante. Cela crée-t-il des problèmes particuliers, sur l'exclusivité de certains types de résultats par exemple ?

R. Dumas de Vaulx : Le monde de l'amélioration des plantes est tout de même assez vaste. Si dans Génoplante apparaît la notion de partenariat privilégié, il faut bien l'interpréter dans le sens d'un partenariat privilégié dans le domaine de la génomique, sachant que Génoplante est quand même limité dans ses actions. Je pense que la discussion avec nos collègues d'autres sociétés reste tout à fait possible. De toute façon, Génoplante n'est pas une structure fermée. Génoplante produit des connaissances qui sont à l'usage des sociétés qui en sont membres, mais constituent aussi une monnaie d'échange avec d'autres partenaires.

En pratique, les collaborations du département GAP concernant le maïs se font dans le cadre de Génoplante pour la génomique, et dans le cadre de Pro-Maïs pour l'amélioration des plantes. Nous venons, par exemple, de signer un accord sur l'haploïdisation ; c'est hors du champ de Génoplante et on le traite avec Pro-Maïs, sans problème. Les deux dispositifs sont complémentaires. Il faut bien regarder les clauses de non-concurrence, etc., être vigilant, et respecter les règles. Si on respecte les règles et rien que les règles, cela peut marcher. En termes de partenariat, un conseil : vous respectez les règles de ce qui a été écrit et signé, et vous n'écoutez pas ce que peuvent raconter les uns ou les autres. Il faut respecter ce qui est signé et uniquement cela ; n'allez pas au-delà, ni en deçà non plus.

Quelques exemples de collaborations dans le domaine de la génomique

• L'exemple de Bayer CropScience

Georges Freyssinet

Bayer CropScience, BP 9106, 55 Av. René Cassin, 69266 Lyon cedex
Georges.Freyssinet@bayercropscience.com

Après avoir été enseignant/chercheur à l'Université, G. Freyssinet a rejoint en 1984 Rhône-Poulenc Agro pour développer la biologie cellulaire et moléculaire. En 1998, il prend la Direction Générale de RhoBio, une entreprise commune entre Rhône-Poulenc Agro et Biogemma. Suite à la création d'Aventis en 2000, il assure la responsabilité mondiale de la génomique végétale. Il quitte Bayer CropScience en mai 2003 pour rejoindre Biogemma et prendre en charge la plate-forme génomique et bioinformatique de RhoBio à Evry, tout en assurant la Présidence du Directoire de RhoBio.

Au cours de cette présentation, on verra comment la génomique dans le domaine végétal, considéré au sens large du terme, est organisée chez Bayer CropScience. Après une courte introduction sur la génomique, et sur ce que l'on considère comme de la recherche en génomique appliquée à l'agriculture, nous verrons la génomique au sein de Bayer CropScience, les relations avec des tiers, les raisons de participer à Génoplante, les autres collaborations et les perspectives pour les années à venir.

1. Le développement de la génomique

Vous savez que depuis quelques années, il y a un investissement important en génomique par les sociétés pharmaceutiques et par le capital risque, même si cet investissement a diminué au cours de la dernière année. Il y a un effort significatif pour le séquençage, qui dure depuis plusieurs années, mais il se poursuit et va se poursuivre. Il concerne tous les organismes : virus, bactéries, levures, champignons, plantes et animaux. Le plus gros challenge était le séquençage du génome humain, à cause de sa complexité. Dans le domaine végétal, le premier challenge était le séquençage d'Arabidopsis ; il est suivi de celui du riz, plus tard celui du maïs. Même après ces succès sur les séquençages, il reste encore beaucoup à faire en génomique et il ne faut surtout pas dire, comme on l'entend parfois, que l'ère de la génomique est terminée à partir du moment où le séquençage est fini. En particulier, il faut maintenant déterminer la fonction des gènes, non seulement au niveau de leur fonctions biochimiques, mais aussi dans les conséquences sur la biologie et la physiologie de la plante.

En parallèle à cet investissement important en recherche, on constate, depuis quelques années, une très forte augmentation des coûts de développement des produits venant des biotechnologies, dont certains sont issus ou seront issus des résultats de la génomique. Cette augmentation est liée à une surenchère, pas toujours nécessairement justifiée, mais qui existe et qui est réelle, des exigences en matière de réglementations. Elle a des conséquences importantes sur les investissements privés et entraîne une diminution des budgets disponibles pour la recherche.

Recherche génomique et Agriculture

Si on essaie de voir comment se positionne la recherche en génomique pour l'agriculture, on constate que l'innovation en recherche dans le domaine végétal a fortement augmenté au cours des trente dernières années, tant au niveau de son investissement que des travaux réalisés. En particulier, si on remonte à 1970, on note successivement : le développement de la culture de tissus et de cellules pour la sélection de mutants et l'accélération du processus de sélection ; la possibilité de modifier le génome des plantes, et donc de produire des plantes génétiquement modifiées ; le développement de plusieurs types de marqueurs moléculaires pour le sélectionneur, dont l'utilité est maintenant reconnue. Ces

marqueurs sont utilisés en routine au niveau de la sélection, et des plantes obtenues grâce à cette technique sont déjà commercialisées. A ces acquis s'ajoute le séquençage massif d'EST et de génomes complets. Il y a un fort investissement en génomique végétale par les sociétés et les institutions publiques, même si on estime que l'on n'a jamais assez de financement pour faire de la recherche.

Plusieurs sociétés de biotechnologie sont passées du domaine humain au domaine végétal. Millenium en son temps, par exemple, a revendu sa partie végétale à Monsanto. Quand on s'adresse à ces sociétés de biotechnologie, on s'aperçoit que les technologies ne sont pas faciles à transférer. Ce n'est pas parce que vous faites de la génomique humaine que vous êtes capables de faire de la génomique végétale. Les questions sont différentes. Plus important, la capacité de financement est beaucoup plus faible dans le domaine végétal que dans le domaine pharmaceutique. Il y a moins de clients et leur nombre diminue avec les restructurations. Prenez notre cas : avant vous pouviez avoir deux clients potentiels, Aventis et Bayer, maintenant vous n'en avez plus qu'un, Bayer. Je prends cet exemple, mais il y en a d'autres. Donc le nombre de clients est plus faible, il diminue et il y a moins d'argent. Par contre, que vous fassiez de la génomique humaine ou végétale, les coûts de recherche sont à peu près similaires.

En agriculture, on a un challenge supplémentaire par rapport au domaine pharmaceutique. Il est lié à la taille et la diversité des génomes intéressants. Si vous travaillez dans le domaine pharmaceutique, vous allez vous intéresser à l'homme, un petit peu à la souris ou au rat pour faire de la toxicologie, et ce sera à peu près tout. Tandis que si vous êtes dans une société d'agrochimie, il faudra étudier le génome des champignons pour trouver des fongicides, celui des insectes pour trouver des insecticides, mais aussi travailler sur des génomes de plantes pour des herbicides. Si à votre activité agrochimique vous ajoutez une activité d'amélioration des cultures, le spectre va s'élargir en fonction des espèces travaillées dans la société. On obtient ainsi une diversité de génomes sur lesquels il faut avoir une activité minimale ou optimale pour pouvoir faire les découvertes appropriées aux marchés ciblés.

2. La génomique au sein de Bayer CropScience

Pourquoi faire ces travaux en génomique ?

Tout d'abord, dans le cadre de la découverte et de l'homologation des produits de protection des cultures, il est clair que la génomique facilite l'identification et la validation de nouvelles cibles pour découvrir des herbicides, des fongicides et des insecticides. Ces travaux de génomique vont permettre d'identifier de nouvelles cibles qu'il va falloir valider. Cela réalisé, il faudra trouver les produits chimiques qui agissent sur ces cibles. C'est donc une longue marche, de la cible à la molécule active, mais c'est quelque chose qui est important. La génomique va aussi servir pour aider à la détermination du mode d'action des molécules actives. Il est clair que maintenant, pour toutes les molécules que vous mettez sur le marché, il faut que vous connaissiez, ou que vous ayez une très bonne idée de leur mode d'action, alors qu'il y a quelques années on pouvait sortir des molécules sans nécessairement connaître le mode d'action. Enfin, la génomique va jouer un rôle de plus en plus important pour les études de métabolisme et de toxicologie, la toxicogénomique sur le rat ou la souris va se développer.

Dans le domaine de l'amélioration des cultures, la génomique va permettre l'identification et la validation de nouveaux marqueurs moléculaires ; tout type de marqueurs sera potentiellement intéressant, avec une tendance à aller de plus en plus vers les marqueurs les plus précis mais qui sont aussi plus coûteux à mettre en œuvre. On aura donc une utilisation accrue de ces marqueurs en sélection, toutes les fois que le coût sera adapté à ce que peut permettre l'espèce ciblée. La génomique va aussi aider à la découverte et la validation de nouveaux gènes et de leur fonction. Pour cela, il faut non seulement identifier le gène, mais aussi sa fonction et avoir une application économiquement rentable.

Comment mettre en place une activité génomique ?

Chez Bayer CropScience, cela a été réalisé à travers le développement d'activités internes et la mise en place de collaborations.

En interne, nous avons une activité de génomique dans pratiquement tous les centres de recherche de Bayer CropScience. Je cite en premier Evry, en France, où nous avons une plate-forme technologique

en liaison avec RhoBio, qui fait essentiellement du clonage, des puces à ADN et qui développe les aspects de robotique et de bio-informatique. Cette présence sur Evry nous permet d'avoir des contacts importants avec le Génoscope, le centre de génotypage, l'URMGV et tout l'environnement d'Evry. A Gand, en Belgique, il y a un support en génomique pour l'amélioration des cultures. En ce qui concerne Research Triangle Park, j'y reviendrai à propos d'Agrinomics. A Francfort, Lyon et Menheim, nous faisons de la recherche dans le domaine de la protection des cultures, champignons, plantes et insectes. Enfin, Sofia, où est situé notre centre de toxicologie, s'intéresse à la toxicogénomique.

Au niveau des collaborations, on retiendra en particulier : RhoBio, une société commune entre Bayer CropScience et Biogemma ; Agrinomics, une société commune entre Bayer CropScience et Exelixis Plant Science ; Génoplante ; Ziga et Gabi, les deux programmes génomiques allemands ; et enfin, Genoptera, une société commune entre Bayer CropScience et Exelixis sur la génomique des insectes. En plus, nous avons de nombreux contrats avec des laboratoires académiques sur toutes les espèces qui nous intéressent.

Génoplante. Pour Bayer CropScience, Génoplante représente d'abord un lieu d'échanges avec l'ensemble de la communauté française travaillant dans le domaine de la génomique végétale, communauté privée et communauté publique. C'est aussi un lieu d'échanges avec la profession semencière française, offrant un accès aux préoccupations et questions de la sélection variétale, puisque Bayer CropScience est majoritairement un agrochimiste. C'est enfin un lieu d'échanges qui permet une définition en commun des programmes en liaison avec les objectifs d'application de chacun des partenaires, ce qui peut parfois entraîner des difficultés puisque les objectifs d'application peuvent être différents au niveau du privé et du public.

Génoplante regroupe les meilleures équipes françaises expertes en génomique végétale, même si elles ne sont pas nécessairement toutes présentes. Depuis plus d'un an, il existe une ouverture sur les programmes européens, essentiellement avec Gabi.

Génoplante représente un investissement financier important, même pour Bayer CropScience. Sur l'ensemble de Génoplante, Bayer CropScience aura financé 35 millions d'euros, ou 7 millions par an sur cinq ans. Cette somme représente environ 17% du programme. C'est un pourcentage non négligeable de l'investissement en recherche au niveau de BioScience.

Les principaux acquis à ce jour, vu du coté de Bayer Cropscience, concernent : l'organisation des génomes et leur expression, la cartographie, les banques BAC et ADNc (de nombreuses séquences d'EST et de BAC sont disponibles) ; l'identification de gènes pour des applications en agriculture sur espèces modèles et sur grandes cultures (certains de ces gènes sont identifiés et commencent à être utilisés). En ce qui concerne l'activité agrochimique, on peut retenir le développement d'outils, les puces à ADN déjà utilisées, et toute la partie bio-informatique qui a été mise en place à l'occasion des programmes Génoplante. Cette liste n'est pas exhaustive, mais elle contient ce qui répond le mieux aux applications que l'on peut faire en interne.

RhoBio. C'est un autre partenaire privilégié. RhoBio dispose d'un laboratoire à Evry, dans lequel on développe essentiellement des puces à ADN, et on regroupe un parc robotique important. Ce laboratoire est fortement impliqué dans les programmes Génoplante. On a déjà utilisé un certain nombre de technologies et outils développés sur place pour réaliser les projets Génoplante et ceux des actionnaires de RhoBio. Le programme CATMA, déjà mentionné dans l'intervention de M. Cassier, a pour objectif de développer une puce complète d'*Arabidopsis* ; cette puce, en cours de validation, sera utilisée chez nous. En ce qui concerne les puces à ADN, il est clair que plus la couverture du génome est complète, meilleurs sont les résultats. C'est particulièrement vrai pour les travaux sur la détermination du mode d'action des produits agrochimiques. Ainsi, si vous avez une voie de biosynthèse dans laquelle il vous manque quatre ou cinq gènes sur la puce, vous ne voyez pas ressortir de la même façon, lors de l'analyse du diagramme d'expression, cette voie de biosynthèse. C'est l'expérience que nous avons avec des puces complètes pour la drosophile (insecticides) et la levure (fongicides).

Nous avons aussi développé sur cette plate-forme une base informatique importante, RhoBio-Inf qui travaille en interaction étroite avec Génoplante Info. Comme cela a été indiqué, il y a une séparation

privé/public pour des raisons de confidentialité et de coûts, les licences étant plus chères pour le privé que pour le public. Ce réseau bio-informatique basé à Evry irrigue, par un système de liaisons protégées, tous les chercheurs de Biogemma et de Bayer CropScience dans leurs centres de recherche dans le monde.

Agrinomics. Cette société a été créée en 1999 entre, à l'époque, Rhône-Poulenc Agro et Agritope. Les deux partenaires initiaux ont changé, Bayer CropScience d'un coté et Exelixis de l'autre qui a acheté Agritope. La stratégie développée est l'utilisation de la technologie d'activation pour découvrir des gènes contrôlant des caractères importants pour l'agriculteur et le consommateur. Agrinomics développe des licences avec des tiers, sur le principe d'une culture / une cible, pour commercialiser les gènes découverts. Agrinomics a développé une collection contenant 250 000 lignées d'*Arabidopsis* contenant un système d'activation. En parallèle, de nombreuses lignées ont aussi des gènes inhibés (knock-out). Une activité importante de criblage de ces lignées a été mise en place chez Exelixis Plant Science à Portland (Oregon, USA) et dans notre centre de recherche aux Etats-Unis à Research Triangle Park (USA).

3. Quelles sont les perspectives en génomique végétale ?

D'abord, la phase de séquençage génomique n'est pas terminée. Après l'espèce modèle *Arabidopsis*, le séquençage d'autres espèces sera lancé. Ensuite, Il y aura du séquençage pour identifier les allèles. A cela s'ajoute le séquençage du transcriptome, ESTs puis ADNc complets. C'est indispensable si vous voulez faire de la validation de gènes ayant des introns de grande taille. En ce qui concerne le séquençage d'autres espèces végétales, le riz, au niveau public, est pratiquement terminé. Il y a un grand projet maïs qui a démarré aux Etats-Unis, les autres espèces vont venir. Pour le blé, ce sera peut-être pour un petit peu plus tard, mais un jour, d'une manière ou d'une autre, le séquençage du blé sera réalisé.

En ce qui concerne l'analyse de l'expression des gènes, le système des puces à ADN va se développer. Pour cela, il est indispensable que le coût diminue et que la fiabilité augmente, sinon cette technologie ne pourra pas être utilisée à grande échelle.

Les analyses sur le protéome vont se développer. C'est une autre manière d'identifier la fraction du génome qui est traduite à un instant donné. Pour ces travaux, il manque encore un saut technologique dans la séparation des protéines, parce que des gels bidimensionnels c'est bien, mais s'il faut en faire des milliers, c'est tout de même encore un peu laborieux.

En ce qui concerne le métabolome, je crois qu'il faudra revenir un peu en arrière et, au lieu de vouloir établir des métabolomes globaux, se concentrer sur des métabolomes plus spécifiques, liés à un tissu donné, une fraction cellulaire ou à l'effet d'un traitement, ceci afin de pouvoir réaliser des analyses plus ciblées et plus raisonnées.

Un autre aspect qui devrait se développer est la détermination *in silico* de la fonction des gènes, c'est-à-dire faire des simulations de niveau d'expression *in silico* de manière à avoir une idée du diagramme d'expression et de la manière dont on peut le modifier. Il est évident que cette approche permettra de sélectionner les modifications qui apparaissent comme les plus pertinentes et nécessitent une validation *in vivo*.

Enfin, comme la détermination certaine de la fonction d'un gène ne peut passer que par une validation *in situ,* il est indispensable de mettre en place des systèmes "robotisés" de validation. Dans ce cadre, la robotisation devra permettre le test en série de plusieurs gènes en même temps. Une limitation majeure est liée au fait que certaines validations de fonctions ne peuvent être faites que dans les conditions du champ. Je ne vois pas comment on va faire de la résistance à la sécheresse sans passer au champ. On pourra faire des simulations en laboratoire, mais rien ne remplacera les conditions de la pratique agricole. Donc tout système qui permet de faire rapidement de la validation au champ est un système bienvenu.

Comme on peut le voir, les perspectives sont nombreuses pour les années à venir.

• Bioavenir et Génoplante : le difficile apprentissage du partenariat public-privé

Michel Delseny

UMR 5096.CNRS.IRD.UP Génome et Développement des Plantes, Université de Perpignan - 66860 Perpignan cedex.
Delseny@univ-perp.fr

M. Delseny est directeur de recherche au CNRS et dirige le laboratoire Génome et Développement des Plantes UMR5096 CNRS-IRD-UP à l'Université de Perpignan. Il a participé à l'audit du programme Bioavenir et est l'un des acteurs du programme Génoplante. Il est depuis 1996 Membre correspondant de l'Académie des Sciences, Institut de France.

Depuis plusieurs années les organismes de recherche encouragent leurs chercheurs à établir des partenariats avec le secteur privé. L'initiative est louable car elle répond à une préoccupation de valorisation des activités de recherche et vise à ce que la recherche publique aide à résoudre des problèmes d'intérêt économique ou sociétal.

Au cours de ce colloque, je me suis aperçu que j'étais vraisemblablement un peu décalé par rapport à la communauté INRA. J'ai découvert que le partenariat était très ancré à l'INRA, depuis bien plus longtemps qu'au CNRS. Au CNRS, le discours est récurrent depuis l'arrivée de la gauche au pouvoir en 81, mais les mentalités et les partenariats évoluent lentement, malgré les changements politiques. Le principe est que la recherche fondamentale doit alimenter la recherche appliquée et féconder la vie économique. Cela s'est traduit au début des années 80 par le programme des biotechnologies, ensuite par des programmes "sauts technologiques", puis par le programme Bioavenir et enfin par Génoplante et d'autres programmes dans d'autres domaines, comme actuellement le programme GenHomme dans le domaine médical.

Ce partenariat est rendu nécessaire pour une question de moyens, car nous sommes dans un petit pays, et ni les organismes de recherche publics ni les organismes privés ne peuvent faire tout, tout seuls. Il existe des intérêts communs, d'où des synergies à trouver. La question de fond est de savoir comment s'y prendre et on a vu, au cours de ces deux jours, plusieurs exemples et illustrations de cas. Je voudrais insister sur un point : il ne faut pas oublier que la recherche fondamentale ne doit pas être pilotée uniquement par des préoccupations de valorisation. Un certain nombre de connaissances fondamentales ont été acquises au cours de ces dernières années, qui ne sont pas directement valorisables mais sont essentielles au développement d'applications ultérieures. Un exemple très simple : personne n'aurait parié un kopeck sur les enzymes de restriction découvertes en 68, qui sont pourtant à l'origine du développement de tout le génie génétique !

Pourquoi associer Bioavenir et Génoplante ? Ce sont deux programmes récents de partenariat public/privé, qui ont en commun un certain nombre de partenaires, faisaient suite à des "sauts technologiques", et sont d'un montant et d'une durée similaires. Et ce n'est pas trahir un secret de dire que les créateurs de Génoplante se sont largement inspirés du programme Bioavenir et des critiques qu'il avait suscitées. Les deux programmes avaient des objectifs et des structurations très différentes.

J'ai eu l'occasion d'être associé plus ou moins étroitement à ces deux initiatives. J'ai été amené à participer à l'audit du programme Bioavenir, demandé initialement par Pierre Tambourin au CNRS puis par le Ministère. Et par ailleurs, je suis l'un des acteurs du programme Génoplante. Je voudrais préciser que j'interviens ici à titre tout à fait personnel ; je ne représente pas Génoplante. J'y suis très impliqué et j'en ai donc une vision interne – ce qui rend un peu délicat un exercice à la fois critique et constructif.

1. Le programme Bioavenir

Le programme

Bioavenir est un programme qui s'est déroulé sur cinq ans ; il associait Rhône-Poulenc à l'époque, le CNRS, l'INSERM, le CEA et l'INRA, donc des partenaires que l'on retrouve dans Génoplante. Il avait deux objectifs majeurs, très clairs : aider Rhône-Poulenc en finançant la recherche amont, et accélérer le transfert des connaissances entre recherche fondamentale publique et développement d'applications par le secteur privé, en particulier dans le domaine de la thérapie génique. Bioavenir a pour caractéristique d'être majoritairement orienté vers la santé et il est très clair, dans le contrat qui a été passé, que l'Etat a délégué à Rhône-Poulenc le rôle d'opérateur du programme, c'est-à-dire la définition des orientations stratégiques et la coordination.

Bioavenir va de l'identification et de la caractérisation de cibles à la conception de produits et de procédés. C'est une définition extrêmement générale. Le programme était organisé autour de quatre comités thématiques : méthodologie, santé, biochimie et agro. Il comportait deux comités de suivi : l'un scientifique et l'autre administratif et financier. Le budget global consolidé était de 1,8 milliard de francs, avec un apport en propre de Rhône-Poulenc de 1 milliard de francs, un apport de l'Etat (ministères de la Recherche et de l'Industrie) de l'ordre de 610 millions de francs, et une contribution des organismes – qui était en fait un apport en salaires et en environnement –, de 210 millions de francs. Le bilan global est que 1,4 milliard a été dépensé en interne sur des projets Rhône-Poulenc ; le bénéfice net pour les laboratoires publics est un apport de 210 millions de francs supplémentaires de l'Etat.

Les critiques

A la demande de Pierre Tambourin, à l'époque directeur du Département des sciences de la vie au CNRS, un audit a été commandé. Il a été confié à un cabinet d'audit industriel, qui a rapidement dit : "C'est bien gentil, mais nous n'avons pas accès aux archives des laboratoires, aux archives du CNRS, et pour la partie scientifique nous avons besoin de l'aide d'experts scientifiques". Quatre experts ont alors été désignés par Pierre Tambourin, et j'en faisais partie. J'ai donc eu le privilège d'éplucher les dossiers du Comité national du CNRS. Cet exercice a mis en évidence un point très révélateur : l'absence totale de référence, dans les rapports d'activité des chercheurs ou des laboratoires, au programme Bioavenir, qui était complètement occulté. Le CNRS n'avait quasiment aucune trace de ces projets, et je me suis rendu compte que notre institut n'était absolument pas adapté à ce genre de programme.

Je ne reviendrai pas sur le bilan scientifique de Bioavenir, qui est globalement très positif. Un certain nombre de critiques ont été formulées. La première est que cette opération a été perçue, par les chercheurs publics au moins, comme une aide majeure de l'Etat à une société privée plutôt qu'à la recherche publique. Le manque de transparence global dans la sélection des projets et des équipes, au sens où il n'y avait pas d'appel d'offres, a été souligné. Néanmoins, les choix faits par Rhône-Poulenc et ses experts à l'époque étaient pour l'essentiel incontestables ; ils ne se sont pas trompés d'équipes quand ils ont distribué l'argent. Les auditeurs ont noté un défaut de capitalisation et d'intégration des données. Chacun travaillait quasiment pour soi et les équipes financées ne communiquaient pratiquement pas entre elles. Autre point critique pour le secteur public : l'absence quasi totale d'implication et de suivi du projet par nos organismes, que ce soit le CNRS, l'INSERM, le CEA ou l'INRA. Cette incapacité est liée au fait que ces programmes ont été décidés au niveau ministériel, et le plus souvent sans concertation préalable approfondie avec les organismes de recherche, ce qui ne facilite pas leur motivation.

2. Le programme Génoplante

Le programme

Génoplante, dont la mission est différente, a pris en compte la plupart des critiques précédentes. Il y a un investissement public et privé dans les laboratoires publics. Il y a une implication plus importante des organismes de recherche, et en particulier de l'INRA. A l'INRA, des adjoints à la valorisation ont

été mis en place, des ingénieurs brevets circulent dans les labos, ce qui n'existe pas vraiment dans la plupart des autres organismes, en particulier le CNRS, où l'on n'a pas encore fait cette mutation. Point important : Génoplante est dirigé par un Directoire opérationnel et un Comité stratégique où public et privé sont représentés de façon équilibrée ; c'est donc une gouvernance bipartite. De même, les comités thématiques scientifiques sont équilibrés. Ils sont remarquablement actifs, et la plupart du temps responsables, c'est-à-dire qu'ils n'hésitent pas, en cas de problème, à trancher dans le vif, avant que cela ne remonte au niveau du directoire. Génoplante, dès le départ, a mis en place des appels d'offres pour tout le volet générique, ce qui a été, je crois, assez satisfaisant. Il y a une grande lisibilité du fait de la mise en place de bases de données et d'un site Web. Il existe une vie scientifique active de Génoplante. Je pense qu'il existe une bonne lisibilité à la fois scientifique et financière de Génoplante, et ce sont des points tout à fait positifs.

Revenons sur la finalité de Génoplante. C'est un programme qui était destiné à stimuler la recherche publique et privée en génomique végétale, et qui visait également à accroître la propriété intellectuelle des partenaires, qu'ils soient publics ou privés. C'est donc un programme de soutien tant aux entreprises qu'à la recherche publique. Je crois que c'est au moins un essai de gestion en partenariat de l'activité scientifique et de valorisation.

Le budget de Génoplante est du même ordre de grandeur que celui de Bioavenir – un peu inférieur. Mais la répartition des masses est notoirement différente puisque, sur 1,3 milliard de francs sur cinq ans : l'apport privé est de 547 millions de francs ; l'apport en propre des organismes, 558 millions de francs, est beaucoup plus important que dans Bioavenir ; l'apport de l'Etat est finalement du même ordre que dans Bioavenir, puisque les ministères chargés de la Recherche et de l'Agriculture fournissent 216 millions de francs. Dans Génoplante, l'apport de l'Etat ne va pratiquement pas aux sociétés privées, et une partie des apports privés est reversée aux laboratoires publics – les laboratoires privés financent en particulier des prestations et des CDD à hauteur tout de même de 93 millions de francs sur les cinq ans. Le bénéfice net pour les laboratoires publics est donc d'un peu plus de 300 millions de francs sur les cinq à six ans. La répartition par comité thématique est la suivante : la partie générique représente 38% hors riz, 44% avec le riz. Des choix très clairs ont été opérés dans le financement d'un certain nombre d'espèces.

Le bilan

Un acquis, et une qualité majeure, de Génoplante est d'avoir mélangé des communautés qui ne se parlaient guère, d'avoir fait émerger des projets qu'aucun laboratoire n'aurait entrepris seul, d'avoir propulsé la communauté française au plan international et en particulier européen. Le programme, avec ses règles de propriété industrielle (PI), a sensibilisé les chercheurs aux questions de valorisation et à l'importance des bonnes pratiques de laboratoire. Beaucoup plus que Bioavenir, Génoplante a crée de l'emploi scientifique.

Le bilan scientifique est à mon avis tout à fait positif. Des résultats nouveaux ont été obtenus dans un certain nombre de domaines : la caractérisation fonctionnelle de nombreux gènes, la caractérisation de nouveaux marqueurs moléculaires, la localisation de QTL (*quantitative trait loci*), résultats qui n'auraient pas été acquis sans Génoplante. Je citerai aussi le séquençage massif d'EST (*expressed sequence tags*), domaine dans lequel les partenaires privés ont été réellement moteurs, notamment sur maïs et blé : à l'heure actuelle, plus de 200 000 EST ont été déterminés dans le cadre de Génoplante. Ou encore : les premières analyses en *micro-arrays*, mentionnées par G. Freyssinet, la création et la caractérisation de collections de mutants, etc.

Au point de vue de la valorisation, des brevets sont déjà déposés, d'autres sont dans le pipeline. Un certain nombre de projets n'auraient pas été lancés s'il n'y avait pas eu Génoplante, en particulier les EST de maïs, de blé et de colza, les *DNA chips*, les séquences d'*Arabidopsis* et de riz, le projet Génoplante Info. Tout cela est à mettre à l'actif de Génoplante. Des compétences nouvelles sont apparues : la construction de banques BACs à l'URGV (Unité de Recherche en Génomique Végétale, Evry) et au CIRAD, la robotique dans ces deux lieux, les *DNA chips*, la protéomique, etc.

On peut noter également une forte activité de formation. L'un des acquis essentiel de ce partenariat est probablement une nouvelle façon de travailler et la création d'une réelle communauté scientifique, qui

se retrouve dans les réunions de comité thématique, dans le séminaire de Génoplante (qui s'est tenu à deux reprises déjà et dont la troisième édition aura lieu en mars 2003) ; une bien meilleure connaissance mutuelle des différents acteurs de la recherche publique et privée, et le maintien de notre pays dans le groupe des leaders en biologie moléculaire végétale.

Je pense aussi que Génoplante est apparu comme un palliatif aux carences européennes dans le domaine de la biologie végétale. Vous savez tous que nos propositions de programmes n'ont pas été couronnées de succès dans FP5 (*Framework Programme 5*) et je crains que ce soit encore pire dans FP6, la biologie végétale étant quasiment exclue des appels d'offre européens.

Les limites et difficultés

Malgré ce bilan tout à fait positif, tout n'est pas parfait. Nous avons réussi à cumuler presque tous les inconvénients des gestions publiques et privées !

La surcharge juridique est extrêmement importante, avec les conventions, les MTA (*Material Transfer Agreement*), les fiches de traçabilité, l'organisation en SEP (Société En Participation) – ceux qui ont eu à signer les contrats de SEP, avec 1500 pages de documents à parapher, savent de quoi je parle. L'intérêt n'en est pas toujours bien perçu par le scientifique, et on se rend compte que cela constitue un frein à la collaboration internationale. On pourrait sans doute se passer de certaines choses. Je dois dire que nos administrations ne sont pas préparées à ce genre de phénomène, en particulier le CNRS – et ce sera encore vraisemblablement davantage le cas des universités, si on doit les associer.

Les circuits de financement sont particulièrement complexes. Du seul ministère de la Recherche, nous recevons de l'argent du FNS et du FRT, selon des filières différentes, avec des modes de "reporting" et des échéances différents ; les chercheurs ne s'y retrouvent plus et c'est très difficile à gérer. Les délais dans l'obtention des subventions de l'Etat, les circuits utilisés et les promesses non tenues sont des problèmes avec lesquels le directoire a dû se battre mois après mois.

La gestion comptable et financière est extrêmement lourde et d'une complication assez effrayante, car nous avons une comptabilité de type privé superposée à une comptabilité de type public, aux niveaux des organismes et du ministère, avec à chaque fois des reportings semestriels... C'est justifié dans la mesure où chacun veut avoir sa lisibilité.

Autre problème majeur : le programme manque cruellement de moyens humains, surtout en phase 2, à cause d'une politique générale de l'emploi scientifique très malthusienne. Des programmes ambitieux et novateurs, notamment dans une discipline nouvelle, demandent de la main d'œuvre qualifiée, sur une durée suffisante. C'est en contradiction flagrante avec la politique de lutte contre l'emploi précaire, et nous avons d'énormes difficultés, sur lesquelles je ne saurais trop insister, pour recruter et maintenir du personnel qualifié en CDD.

Il nous faut aussi gérer un certain nombre de contradictions liées au fait que la recherche publique et la recherche privée n'ont pas les mêmes finalités. Chaque mise dans le domaine public des résultats de recherche pose des difficultés, les partenaires publics et privés ayant leurs impératifs et des stratégies qui sont quelquefois contradictoires. Il se produit également des duplications d'activités. Vous l'avez vu pour la bio-informatique, où les partenaires privé et public ont chacun leur système ; il existe des justifications, mais c'est très lourd à mettre en place.

Ce ne sont là que quelques-uns des points qui me paraissent devoir être évoqués pour construire des programmes un peu plus performants et compétitifs.

3. Quelques suggestions et inquiétudes

Je terminerai par quelques suggestions et surtout un certain nombre d'inquiétudes, qui sont personnelles mais ressenties par beaucoup de collègues. Si nous voulons rester dans la compétition, très vive au plan international, il faudra faire un certain nombre de choses. Il va falloir continuer à investir massivement dans la génomique, avec le maintien et l'amélioration des outils. S'il est relativement facile d'obtenir de l'argent pour acheter un appareil, il faut encore, on l'oublie un peu trop, avoir l'argent pour

le faire fonctionner. Il faudrait également que l'on cesse de fragmenter le financement de la recherche en génomique. Nous avons les génopoles, le programme Génoplante, un programme Génome au ministère, des programmes Génome dans chacun des organismes... Il y a une tentative de concertation pour créer des plates-formes de génomique au niveau inter-organisme – ce sont les plates-formes RIO. Il existe des plates-formes dans les IFR (Instituts Fédératifs de Recherche). Cela devient très confus, et génère une déperdition d'énergie flagrante. Il faut aussi que nous trouvions des moyens humains, sans lesquels rien ne se fera. Il faut s'ouvrir sur la communauté étrangère et garder la capacité à échanger avec d'autres partenaires, tant publics que privés, que ceux de Génoplante.

Une question apparaît très préoccupante : celle du maintien des ressources biologiques et informatiques au-delà de la phase II de Génoplante. Que deviennent ces ressources une fois le programme terminé ? Si l'on veut rester dans la compétition, il faut aussi que nous assurions notre autonomie scientifique et financière. Il faudra sans doute, je suis d'accord avec Marianne Lefort, réduire les ambitions à quelques grandes espèces. Je pense aussi que dans le cadre du partenariat, il va falloir redéfinir la répartition des tâches entre INRA, CNRS et CIRAD car, au moins dans le domaine de la génomique, nous faisons tous des choses très similaires, et je crois que nous avons intérêt à discuter encore davantage.

Autre point qui me paraît important : je crois qu'il serait désastreux, maintenant que nous avons acquis une lisibilité, que l'on change le nom de Génoplante. Des rumeurs circulent à ce sujet. Je crois qu'il ne faut surtout pas que l'on monte une nouvelle usine à gaz, car Génoplante II est à la limite de l'implosion. Nous avons connu ces derniers mois des difficultés liées au départ des personnes qui avaient monté le système, et quand on perd ces gens-là, le système a beaucoup de mal à fonctionner. Il faudrait simplifier les circuits de financement car cela devient insupportable. Il faudrait aussi assainir les relations entre ministères et organismes, et que les organismes soient dotés directement des budgets nécessaires. Dans les organismes existe une administration compétente. Or nous avons été obligés en fait de recréer une administration à Génoplante, ce qui représente une perte de temps pour les chercheurs, surtout lorsqu'il y a des personnes compétentes dans nos organismes.

Un Génoplante européen pour l'avenir ? L'idée est séduisante, sur le papier du moins. Des efforts considérables ont été faits dans Génoplante pour collaborer avec GABI, le programme allemand homologue, avec beaucoup de difficultés car les partenaires sont différents. Cela prend du temps et de l'argent de se déplacer, pour des résultats relativement modestes. Le problème surtout est que les plantes sont quasiment absentes de FP6, et je vois mal comment on va pouvoir s'insérer dans ce domaine-là.

Je terminerai en disant que Génoplante a été une expérience que je qualifierai d'enrichissante et de bénéfique pour l'ensemble de la communauté. C'est une expérience qui a été passionnante, mais aussi épuisante. Je crois qu'il importe de maintenir l'effort sous une forme ou une autre, de préférence efficace. En fait, quand vous faites le bilan, il faut environ 15 millions d'euros par an de ressources supplémentaires, tous organismes confondus, pour continuer à rester dans la compétition. Cela vaut-il la peine de monter des opérations aussi lourdes pour un financement finalement modeste eu égard au budget recherche de l'Etat ? Je crois qu'il faut réaffirmer la nécessité d'une recherche fondamentale forte et indépendante, qui sera la meilleure façon de négocier avec nos partenaires.

Discussion

P.H. Gouyon : J'aimerais connaître la position de l'INRA et de Génoplante sur le concept d'entreprise française ou d'entreprise avec laquelle on a des rapports privilégiés. Dumas de Vaulx a dit que les rapports entre les personnes étaient très importants. On peut le voir comme un point très positif – des collaborations entre des gens qui s'aiment bien, se connaissent bien –, mais aussi comme du lobbying

d'un petit groupe de pression. La question se pose : jusqu'à quel point doit-on continuer à considérer qu'il y a des entreprises avec lesquelles l'Etat doit avoir des rapports privilégiés ? Ou bien l'Etat doit-il simplement faire des appels d'offre ? S'il s'agit de faire des biotechnologies, Bayer est sûrement une entreprise intéressante, mais Monsanto aussi, et je ne vois pas pourquoi on choisirait l'un plutôt que l'autre, simplement parce qu'on connaissait bien les gens avant.

G. Freyssinet : Quand on a mis sur pied ce programme Génoplante, la logique était assez simple : étaient associées des entreprises du domaine semencier et phytosanitaire qui avaient une base française, c'est-à-dire en l'occurrence un siège social dans notre pays. Cette démarche était d'ailleurs tout à fait similaire à celle développée au niveau de Gabi, puisque le critère d'appartenance à ce consortium privé allemand est aussi que le siège social de l'entreprise soit localisé dans le pays. Ce critère nous semblait important parce que nous croyions, naïvement peut-être, qu'une entreprise ayant son siège social en France serait particulièrement sensible aux impératifs et aux besoins du secteur agricole français. Avec les multinationales, le risque n'est pas négligeable qu'elles-mêmes décident pour nous de quel pays sera une cible importante pour le progrès génétique, pour telle espèce. Et décident par exemple qu'à partir de l'année prochaine on n'investira plus sur la génomique du maïs pour l'Europe du Nord, parce qu'il est plus intéressant de le faire pour les Etats-Unis. Et on se débrouillera avec cela. Le risque n'est donc pas négligeable de se retrouver avec une agriculture qui n'a plus les ressources en semences correspondant à ce qu'elle souhaite faire. On est déjà dans cette situation d'une certaine manière, pour des raisons climatiques et diverses, et on en paie le prix dans tout le secteur protéagineux par exemple, où l'Europe, et la France en particulier, n'ont pas leur autonomie. Voilà quelle était l'idée qui a modelé le consortium privé qui s'était constitué en France au niveau de Génoplante. Mais effectivement l'histoire nous a montré, par exemple avec Aventis, que les turbulences de l'organisation des entreprises, les évolutions au niveau international font que le contexte est assez différent aujourd'hui.

C. Bonneuil : Une question de Béotien. On n'est plus dans la logique de reconstruction de l'économie nationale de l'après-guerre, où les acteurs publics et privés avaient globalement les mêmes intérêts. Aujourd'hui, cela devient plus complexe et on s'aperçoit que de l'argent public peut être utilisé par des sociétés privées pour investir en recherche-développement aux Etats-Unis, ou pour externaliser leur recherche, en faisant des plans sociaux en France. Quel type de contrat social a-t-on dans ces nouvelles formes de partenariats ? Et quel type de gouvernance ? J'ai l'impression que, dans les premières décennies de l'INRA, on avait des chercheurs, des représentants de la profession et, vers les années 70, des industriels du monde semencier. Si on regardait la composition du CTPS, du conseil d'administration de l'INRA, on avait cette gouvernance un peu triangulaire. Dans les deux projets dont vous parlez, il n'y a plus que deux acteurs : les pouvoirs publics et les sociétés privées. On ne voit plus la profession. Et, en pleine période de débat de société autour des biotechnologies, on ne voit pas non plus le quatrième espace, qui serait civique, associatif – les consommateurs, etc. S'il n'y a pas un contrat social dès le lancement de ces recherches, ne risque-t-on pas d'aller vers le type de blocage sociétal qu'on a observé ces dernières années sur les OGM ? Si l'on ne négocie pas d'une façon large les orientations des recherches, ne peut-on pas se retrouver face à des oppositions brutales, qui ont des coûts, y compris pour les sociétés privées ? Il peut être très contre-productif de ne pas installer dès le départ une gouvernance plus large, qui corresponde à l'évolution des demandes de notre société.

G. Freyssinet : On a présenté Génoplante comme un programme important en France, mais je pense que c'est une erreur de croire qu'il résume ce qui se fait en génomique en France. Génoplante serait, au fond, la politique scientifique de l'INRA dans le domaine de l'amélioration des plantes et de la génomique. Si c'était le cas, il y aurait effectivement un problème sérieux. Ce n'est pas tout à fait cela tout de même. Génoplante est effectivement un partenaire important de l'INRA en matière de génomique, mais ce n'est absolument pas le seul. Dans le laboratoire que je dirige à Evry par exemple, nous développons toute une série de programmes qui sont indépendants de Génoplante et correspondent à des objectifs considérés comme importants par l'INRA. Et je me réfère à la réflexion présentée par Marianne Lefort, qui a justement montré comment, au niveau de l'INRA, on essayait de bâtir l'organisation des objectifs de recherche en amélioration des plantes sur une base qui n'est certainement pas celle qui a prévalu pour la négociation qui a eu lieu entre les différents partenaires de Génoplante.

M. Delseny : Il est très bien de penser à la base sociale de la recherche et de négocier, mais si l'on s'était effectivement engagé dans cette négociation il y a deux ou trois ans, on y serait encore, et surtout on ne serait plus dans la compétition au plan scientifique. Ces programmes sont tout de même lancés aussi pour stimuler la recherche. Il ne faudrait pas oublier que le métier de chercheur consiste à faire de la recherche, des expériences, à monter des projets et surtout à les réaliser. Et un biologiste, par exemple, ne peut pas passer beaucoup de temps à ces débats avec la société, qui ne relèvent pas, à mon avis, de la responsabilité des chercheurs du département GAP – mais probablement plus de celle des chercheurs en sociologie, etc. Il faut bien sûr qu'il y ait un dialogue avec les uns et les autres, mais à l'heure actuelle la recherche va à une telle vitesse que bien souvent, lorsqu'on négocie un contrat, au moment où l'on parvient à sa signature, d'autres ont déjà les résultats – on a été dépassé.

M. Lefort : Je voudrais revenir sur la question de la pérennité des ressources biologiques et bio-informatiques. Bertrand Hervieu a bien montré, dans son exposé introductif, les risques qu'il y avait à ne pas anticiper un certain nombre de problèmes. Je voudrais savoir si, par rapport à un investissement aussi important de la recherche publique et de la recherche privée, il existe une vraie réflexion dans le cadre de Génoplante II sur le devenir de toutes les ressources génomiques qui auront été acquises, et sur le maintien des ressources bio-informatiques. Je pense qu'il y a, du côté du secteur public en tout cas, une volonté d'aller de l'avant puisqu'une unité de Génomique Info fonctionnera avec ce souci de permettre la valorisation et l'exploitation pour tous les programmes de recherche publics. Du côté des ressources biologiques, existe-t-il déjà une réflexion ? Et quand aurez-vous une réflexion qui nous permettra de dire qu'au-delà de l'avance pour l'exploitation par les sociétés privées qui ont financé, vous aurez quelque chose qui sera échangeable avec tous nos partenaires européens ou internationaux ? Car ce sont nos apports dans tous les grands consortiums qui feront que la recherche française restera compétitive au niveau international.

M. Delseny : Je suis moins inquiet pour les ressources bio-informatiques, car il existe un outil international public qui fonctionne relativement bien, et derrière Génoplante Info il y a Info Biogène qui a un minimum de pérennité. La question des ressources biologiques est effectivement une préoccupation que nous avons à Génoplante. La réflexion menée a conduit le directoire à dire : "De toute façon, nous ne pouvons pas faire cela tout seuls. Des initiatives de création de centres de ressources biologiques étant prises au niveau du BRG et de l'INRA, nous souhaitons nous y associer". G. Freyssinet, qui faisait partie de la commission chargée de ce sujet, pourrait peut-être en dire quelques mots.

G. Freyssinet : Pour nous, qu'il soit public ou privé, le maintien des ressources génomiques ou des banques de mutants est effectivement critique. Le directoire y a réfléchi. Un groupe a travaillé pendant quelques mois sur la question et a décidé de s'associer au projet INRA de centre de ressources génomiques. Il me semble indispensable que, maintenant que cette décision a été prise, l'INRA avance rapidement. Un exemple : à l'heure actuelle les banques sont arrivées à un stade qui nécessite d'envisager leur multiplication, car elles ont une durée de vie limitée. C'est du matériel biologique, et comme pour les semences, il faut périodiquement faire des multiplications. En 2003 va se poser la question des conditions de réalisation de ces multiplications. Le centre de ressources génomiques sera-t-il opérationnel et pourra-t-il les prendre en charge ? Il est évident que si Génoplante doit reprendre en charge cette multiplication, cela peut modifier un peu sa stratégie par rapport aux conservations.

Pour ce qui est de la bio-informatique, je pense qu'il faudra être très attentif. Votre structure bio-informatique publique fonctionne, mais elle tourne beaucoup avec du personnel temporaire, des CDD. Faites attention de bien la renforcer avant qu'il y ait une difficulté.

Y. François : Je suis agriculteur et je voulais demander à Monsieur Freyssinet qui détermine, et sur quels critères, que certains gènes sont importants pour les agriculteurs ?

G. Freyssinet : Je pense que des études stratégiques sont réalisées par nos services marketing, par les services chargés de la stratégie. Il est clair que si l'on décide qu'un gène est important pour l'agriculteur et que l'agriculteur ne partage pas cette analyse, il n'achètera pas la semence correspondante. C'est déterminé par la cellule stratégie de la société, qui est en contact avec ce qui se passe sur le marché.

G. Riba : Je voudrais apporter trois éclairages, sur des questions qui se référaient à la direction de l'INRA. Premier point : le statut des partenaires susceptibles de participer à des grands programmes transversaux. Pourquoi Bayer et pas Monsanto ? Effectivement, la logique doit évoluer. La logique présentée par Michel est celle que nous avions définie vers 1998. Je rappellerai que si à l'époque nous avons pris ces dispositions, c'est tout simplement parce que beaucoup de partenaires privés, qui aujourd'hui nous demandent l'accès au dispositif, s'étaient eux-mêmes organisés, y compris avec des structures publiques, en laissant l'INRA sur la touche. Probablement – je ne sais pas, la réponse leur appartient – parce qu'ils ne nous jugeaient pas assez compétitifs. En tout cas nous étions sur la touche, et c'est donc une réaction de survie qui nous a conduits à faire ce que Michel a évoqué. Aujourd'hui, on voit bien que le discours et les arguments doivent évoluer. En particulier, nous considérons qu'est éligible une entreprise qui : 1) assure des débouchés pour l'agriculture française et européenne ; 2) a en France un dispositif de recherche qui est ouvert et peut être en interface avec le dispositif de recherche publique ; 3) a des règles de gestion de la propriété intellectuelle qui sont compatibles avec les nôtres. Ces entreprises-là, quelle que soit la structure de leur capital, sont éligibles.

Deuxième point : il a été dit que la profession était absente de Génoplante. C'est inexact. Un des gros partenaires de Génoplante est Biogemma, structure dans laquelle la profession est largement représentée, et qui contribue financièrement à l'ensemble des grands programmes finalisés, toutes espèces confondues. En revanche, le problème de l'implication des citoyens est une question posée à plusieurs reprises, à laquelle nous n'avons pas vraiment répondu ; mais je peux dire que nous ne sommes pas fermés à cette idée.

Le troisième point concerne les ressources génétiques. Nous considérons qu'un centre de ressources biologiques a une fonction patrimoniale et une fonction de service. La fonction patrimoniale impose que la structure soit publique. Mais cette structure publique peut, sous des modalités à définir, remplir des fonctions au service de partenaires privés. Il y aura donc une gestion de statuts différenciés des ressources à mettre en place. Deuxièmement, quand des moyens alloués sont déjà fléchés, ils sont insuffisants. Je ne sais pas si la structure sera suffisamment opérationnelle pour traiter l'ensemble des ressources génétiques de Génoplante dans le courant de l'année 2003, mais des recrutements, des moyens d'équipement et de fonctionnement sont déjà réservés à cette fin.

Propriété intellectuelle et réseaux scientifiques

Maurice Cassier

CNRS, CERMES - 7 Rue Guy Moquet - 94 801 Villejeuif cedex
cassier@vjf.cnrs.fr

M. Cassier est sociologue au CNRS et travaille au CERMES (Centre de Recherche Médecine Sciences Santé et société), un laboratoire commun du CNRS, de L'INSERM et de l'EHESS. Ses travaux portent sur les enjeux de propriété intellectuelle dans les relations entre science et industrie, dans le domaine de la biologie et de la santé. Pour son analyse du secteur de la génomique végétale, il a bénéficié d'échanges avec des chercheurs du département GAP (Alain Charcosset, David Bouchez, Loïc Lepiniec, Philippe Lénée) et avec les délégués de propriété intellectuelle de l'INRA.

Je me propose de vous parler des enjeux de propriété intellectuelle dans les réseaux scientifiques spécialisés en génomique. Mon exposé est centré sur des réseaux de recherche collective dans lesquels les participants s'accordent pour produire ensemble de la recherche, échanger des ressources et des résultats, le cas échéant régler la propriété et l'usage de ces résultats. Il s'agit donc de réseaux dotés d'une organisation assez forte.

Etudier la propriété intellectuelle dans les réseaux scientifiques, c'est examiner le rôle croissant de la propriété intellectuelle dans la production et la circulation des connaissances depuis les vingt dernières années, à la faveur notamment du développement de la recherche génomique. Il existe une dynamique générale de renforcement de la propriété intellectuelle que l'on pourrait voir, par exemple, depuis vingt ans aux Etats-Unis et en Europe au niveau de l'évolution du nombre de brevets, déposés et délivrés, dans tous les domaines technologiques, et particulièrement dans celui des sciences de la vie et de la recherche biologique et médicale.

1. Exemples de réseaux dans le domaine médical

Le Centre d'études sur le polymorphisme humain (CEPH)

Ce réseau a été mis en place au début des années 80 par Jean Dausset et Daniel Cohen. Il ne s'agit pas de recherche publique au départ, puisque c'est une fondation privée qui s'est ensuite associée avec les organismes publics de recherche, puis avec une association de malades, l'AFM, pour financer la cartographie du génome humain. Initialement, c'était un réseau monté par des scientifiques, organisé selon des règles créées par des scientifiques. On parlait de "charte" du CEPH. Ces règles concernaient d'abord le partage d'une ressource commune, qui était une collection de familles à partir desquelles tous les laboratoires pouvaient travailler. Cette collection regroupait des familles d'origine françaises, apportées par Jean Dausset, et des familles américaines de Mormons, apportées par Ray White. Dès lors qu'ils adhéraient au réseau et à la charte, tous ces laboratoires se mettaient d'accord pour tester leurs propres marqueurs sur ces familles et ensuite restituer les résultats au CEPH, au moins avant de les publier. C'est un club académique. Concernant la circulation des connaissances, il existait deux niveaux d'accessibilité des connaissances. Les données étaient partagées au sein des membres du réseau du CEPH, dans une base de données accessible aux seuls membres du réseau, pendant une durée de deux années maximum, puis étaient versées dans une base de données publique.

La propriété intellectuelle, au sens de droit de la propriété intellectuelle, n'intervient pas et la question n'apparaît pas dans la charte du CEPH de 1984. Les données publiées sont des données réellement publiques, c'est-à-dire librement accessibles et dont l'usage est libre. Les membres du CEPH n'ont pas pris de droits de propriété, et la propriété intellectuelle est complètement extérieure au programme. Daniel Cohen avait eu l'idée de communiquer les séquences produites au début des années 90 à l'ONU. En 1992, Charles Auffray remettra les séquences produites par le Généthon à l'UNESCO en protestant contre la politique de brevetage des séquences partielles du génome humain par les NIH.

Le CEPH va rencontrer très vite, et de manière assez vive, les problèmes de propriété intellectuelle : en 1994, une crise éclate non pas sur la cartographie du génome humain mais sur des gènes d'intérêt médical concernant le diabète. La crise remonte très haut au niveau politique, jusqu'au Premier ministre. Une start-up américaine propose un contrat au CEPH en demandant un droit d'exploitation exclusive de la collection des familles de diabétiques réunies par le CEPH. Le contrat est finalement repoussé et Il y a un éclatement partiel du CEPH à cette époque : le chercheur qui détenait la collection de familles de diabétiques, Philippe Froguel, doit quitter le CEPH. Le directeur scientifique du CEPH, Daniel Cohen, qui soutenait le contrat exclusif avec la société Millenium, devient directeur scientifique de Genset.

Le réseau sur le séquençage de la levure

Ce réseau, qui a joué un rôle important dans la structuration du champ de la génomique, a été monté à la fin des années 80. La justification de ces réseaux de séquençage au niveau européen était d'avoir des retombées industrielles. Il est important d'insister sur le type de montage avec l'industrie qui est expérimenté à cette occasion. Les industriels sollicités par le programme européen ne sont pas directement dans le réseau, qui est un réseau de laboratoires publics. Ils sont regroupés à la périphérie au sein d'une plate-forme industrielle. En fait, il s'agit d'un club d'utilisateurs industriels qui paient un droit d'abonnement assez modique pour recevoir une information privilégiée pendant quelques mois. Les résultats produits par le réseau sont réservés pendant quelques mois pour laisser le temps aux industriels intéressés d'évaluer les résultats. Ce modèle qui associe des réseaux académiques à des clubs industriels montés à la périphérie est commun à la levure, à *Arabidopsis*, à *Bacillus subtilis* et à plusieurs autres projets.

Ce qui est intéressant de noter c'est que les scientifiques, les laboratoires, conçoivent des règles propres de diffusion des données, en plus des contrats européens réglant la propriété intellectuelle, et là aussi on a une diffusion contrôlée des résultats. Dans le cas de la levure, on appelait ces règles "des règles de bonne conduite", avec trois stades de diffusion. Dans un premier temps, il y avait une priorité, un droit de premier usage pour celui qui obtenait les résultats : il pouvait les publier tout de suite mais aussi les garder durant quelques mois. Ensuite, ces données devaient être partagées au sein du consortium. Enfin, elles étaient versées automatiquement dans les bases de données publiques, librement accessibles.

Les industriels membres des plates-formes ont pu éventuellement déposer des brevets sur, par exemple, quelques séquences de la levure, mais les membres du réseau eux-mêmes n'ont pas à cette époque déposé ou pris de brevet. La situation a évolué au milieu des années 90, quand le réseau s'est orienté vers l'étude des aspects fonctionnels des gènes de la levure. Là, un consortium s'est mis en place, très large (plus de 100 laboratoires). Sur le plan de la propriété, un mécanisme intéressant a été imaginé : il proposait, puisque les enjeux de propriété intellectuelle étaient plus forts désormais sur les gènes et leurs fonctions, que le consortium gère une propriété collective de tous les résultats. Les industriels étaient tout à fait favorables à ce montage, parce qu'il est plus aisé, pour un utilisateur industriel en aval, d'avoir un partenaire avec lequel négocier la propriété sur un ensemble de résultats, que d'aller négocier avec cinquante propriétaires différents. Les enjeux de propriété intellectuelle étaient importants à cette époque, y compris entre institutions académiques, si bien que quelques unes de ces institutions, voulant jouer leur propre carte, ont décidé de ne pas adhérer à ce système de propriété collective. Il y avait donc déjà conflit sur la propriété.

Le consortium international sur le cancer du sein

Avec ce consortium, on n'est plus dans le domaine de la cartographie ou du séquençage d'un génome, mais dans la recherche de gènes d'intérêt médical, qui ont évidemment à la fois un intérêt pour la santé publique et un intérêt marchand considérable. Le consortium pour la recherche des gènes de susceptibilité au cancer du sein se met en place à la fin des années 80, à l'initiative d'un français, Gilbert Lenoir. Au départ, il s'agit comme le déclare son initiateur "d'une bande de scientifiques" qui ne font pas de règlement particulier sur la propriété intellectuelle. Ils ne se prononcent pas sur le brevetage ou non du gène ou des gènes qu'ils sont susceptibles de découvrir ou encore sur la répartition d'une éventuelle propriété intellectuelle. Ils discutent en revanche des modalités de travail

en commun pour échanger des marqueurs, produire ensemble des résultats, affiner la localisation du gène. Mais l'enjeu commercial et les enjeux de propriété deviennent tellement importants, que plus on affine la région où pourrait se trouver le gène, plus les échanges se ferment à l'intérieur du consortium. On assiste à une fragmentation du consortium. Un universitaire membre du consortium crée une start-up aux Etats-Unis, Myriad Genetics, qui est membre du consortium mais cherche le gène de son côté en relation avec Eli Lilly. Le consortium n'éclate pas mais les échanges sont complètement fermés. Lorsque les deux premiers gènes sont isolés, l'appropriation se fait de manière complètement éclatée, puisque deux start-up, plusieurs universités américaines et une fondation médicale anglaise déposent simultanément des brevets. Ensuite le consortium renaît, une fois les brevets déposés, pour échanger des données sur des connaissances médicales relatives à ces gènes.

2. Les réseaux de génomique végétale : le cas de Génoplante

En génétique végétale, d'après les échanges que j'ai eus avec des chercheurs et des délégués de propriété intellectuelle de l'INRA, il semble qu'on retrouve la même évolution que pour la génétique humaine, à savoir le rôle croissant de la propriété intellectuelle dans les réseaux de recherche.

Un système de "libre échange" scientifique

Dans un premier temps, à la fin des années 80 et au début des années 90, les matériels, les technologies et les résultats de la recherche en génétique végétale sont largement mis dans le domaine public. Les méthodes d'insertion d'ADN développées à Versailles sont largement partagées, les collections de plantes mutantes le sont également, et un chercheur décrit un système de "libre échange" entre scientifiques.

Il existe toutefois des relations avec l'industrie, selon plusieurs modalités. Premièrement le consortium européen pour le séquençage d'*Arabidopsis* est doté d'une plate-forme industrielle, comme le réseau levure. Et comme pour la levure, il existe une phase d'information différée, la plate-forme industrielle pour les plantes créée à la périphérie du consortium recevant une information privilégiée pendant quelques mois, avant que les données soient versées dans le domaine public. Deuxièmement, il existe depuis longtemps des coopérations entre laboratoires publics et industriels dans le cadre des clubs qui associent les laboratoires de l'INRA à des semenciers. Toutefois, le contexte des droits de propriété intellectuelle y était moins contraignant et s'exerce seulement sur le produit final – les variétés végétales protégées par le droit de l'obtention végétale – et non les gènes, et les chercheurs ne relèvent pas de restrictions à la diffusion des données scientifiques dans le domaine public.

L'irruption du secteur privé et le renforcement des pratiques d'appropriation

Le nouveau paysage qui se met en place au cours des années 90 est beaucoup plus encombré en termes de propriété intellectuelle : tandis que les résultats des consortiums académiques et européens étaient versés sans limitations dans le domaine public, dès que la séquence avait atteint les normes de qualité requises – ce qui pouvait occasionner quelques frictions sur les délais de diffusion –, les données acquises par les sociétés de biotechnologie sont gardées secrètes pour être commercialisées moyennant le paiement d'un droit d'accès élevé, ou encore diffusées gratuitement mais en contrepartie de l'obtention d'un droit du propriétaire des données sur les inventions réalisées par les utilisateurs – contrats de diffusion des données de Monsanto sur le riz ou de Syngenta sur *Arabidopsis*. Il s'agit également de la prolifération des accords de transfert de matériel qui tendent généralement à instaurer ce qu'un de mes interlocuteurs a joliment appelé un "droit de suite" sur les recherches effectuées en aval. A la limite, le détenteur des données ou du matériel vous encourage à les utiliser pour capturer les innovations que vous développez. Ce type d'accord a par exemple été très débattu au sein de la NSF et des NIH dès 1996, et les NIH recommandent de les éviter ou de les assouplir afin de ne pas entraver la recherche.

Face à cette intervention des sociétés de biotechnologie et des grandes firmes de l'agrochimie dans le domaine de la génétique végétale à la faveur du développement des programmes de génomique, on assiste à la mise en place de deux types de réponses. Premièrement, des programmes de recherche

publics, comme ceux de la NSF, qui visent à rouvrir le système de recherche et qui encouragent une divulgation maximale des données. Deuxièmement, des programmes très intégrés entre la recherche publique et la recherche industrielle, comme Génoplante en France ou encore les nouveaux programmes de recherche européens.

Génoplante : entre réservation et divulgation des données

A la différence des programmes européens mentionnés plus haut, sur la levure ou *Arabidopsis*, les industriels sont désormais dans le consortium et non à sa périphérie pour en attendre des retombées. Le gouvernement est partagé entre le public et le privé, ce qui donne au public des possibilités de négociation intéressantes avec le privé (*cf.* nos entretiens avec les délégués de la propriété industrielle de l'INRA). La stratégie est non pas de laisser la propriété intellectuelle en dehors du consortium ou de ne pas la discuter, mais de la mettre au cœur du projet, puisqu'il s'agit justement de créer un actif de propriété intellectuelle qui sera géré par une structure spécifique, Génoplante Valor.

Comparé aux consortiums précédemment étudiés, la rationalisation des échanges est très sophistiquée. Il existe un système de fiche *in* et *out* pour suivre les échanges entre les projets ou entre le consortium et l'extérieur. Les apports de matériel et de données au moment d'entrer dans un projet sont soigneusement comptabilisés. Cette sophistication des échanges est pour partie liée aux enjeux de propriété intellectuelle. Un comité de lecture supervise les projets de publication et de communication, sélectionne les résultats susceptibles d'être appropriés. Il existe un double circuit de gestion des données, un circuit dédié à la recherche publique – Génoplante Info – et un circuit dédié à la recherche privée qui intègre des données propres des industriels. Les partenaires se sont mis d'accord sur un système de diffusion contrôlée des résultats : dans un premier temps, les données sont accessibles aux seuls membres du consortium (pendant 6 mois pour les plantes modèles et 12 mois pour les plantes d'intérêt industriel) ; elles sont ensuite versées dans le domaine public.

Toutefois, le versement des données dans le domaine public n'est pas total, puisque les données réservées par les membres du programme ne sont pas diffusées. Les chercheurs estiment par exemple que les données réservées sur les séquences EST du maïs seraient de 5%. Et il n'existe pas actuellement de délai de reversement de ces données réservées dans le domaine public.

Comparé aux règles de diffusion immédiate et complète des données dans le domaine public, telles qu'elles sont notamment défendues et mises en œuvre par la fondation Wellcome dans le domaine du génome humain ou par la NSF dans la génétique végétale, les règles de diffusion différée et partielle – les données réservées – adoptées par des programmes comme Génoplante définissent un compromis entre réservation et diffusion, entre bien privé et bien public. Les chercheurs s'interrogent sur le statut, public, semi-public ou semi-privé des données générées par Génoplante. Certains font remarquer que les délais de diffusion peuvent être allongés par une définition imprécise des temps 0. Faut-il l'établir au fur et à mesure de la production des données ou seulement au terme du projet ? Ce n'est pas la même chose en termes de diffusion des résultats. D'autres soulignent le caractère libre des données qui seront finalement diffusées par Génoplante, à l'opposé du droit de suite que revendiquent les sociétés privées : "*mais il y a quand même une mise à disposition au bout de l'échéance ; je suis désolé, ce n'est pas la même chose que les mutants SYNGENTA ; il y a une mise à disposition du public*". Il faudrait ajouter que cette mise à disposition du public peut être plus ou moins facile et réelle, et que les différentes options concernant l'accompagnement des données pour qu'elles soient facilement utilisables, font l'objet de discussions entre les membres du programme. La mise dans le domaine public peut ainsi être restrictive – les données sont accessibles sans informations de référence – ou très libérale – avec toutes les informations de référence – ou encore adopter une option intermédiaire. Selon l'option choisie, les données auront un caractère de bien public plus ou moins étendu.

Le moindre caractère public d'un programme mixte comme Génoplante, comparé à un programme financé par la NSF qui vise à placer l'ensemble des données dans le domaine public, sans limitations, doit être mis en balance : 1) avec les opportunités de production massive de résultats qu'il offre (*cf.* les bases de données d'EST générées pour les différentes plantes retenues) ; 2) avec les opportunités de captation précoce des données qu'il ménage pour les utilisateurs industriels ; 3) avec les restrictions plus fortes encore qui auraient résulté d'une privatisation complète de ces recherches par les sociétés de biotechnologie ou de semences – des chercheurs de l'INRA notent que la présence du secteur

public de recherche au sein de Génoplante conduit les industriels à accepter le dépôt de certains brevets, pour permettre des publications, alors qu'ils auraient été enclins à pratiquer le secret. Toutefois, les chercheurs indiquent que l'absence de retours d'information sur l'usage que font les industriels des données et des outils de recherche générés dans le cadre de Génoplante freine le progrès des connaissances : "*ça tarit la production de connaissances*". La comparaison entre les deux modes de production et d'appropriation des connaissances que constituent d'une part, les programmes de la NSF, et d'autre part, des programmes mixtes comme Génoplante, doit être poursuivie.

Un paysage plus complexe en termes de propriété intellectuelle

Au vu de la masse de données produites par ce programme, il n'est pas question de breveter toutes les données, et toutes ne sont d'ailleurs pas brevetables. La politique est donc d'avoir des politiques sélectives de dépôt de brevets sur des gènes ou sur des régions chromosomiques qui seraient intéressantes. Si donc on produit beaucoup de données non éligibles au droit des brevets, qu'on ne peut pas breveter, qu'en est-il de la protection éventuelle de ces bases de données ? Il y a des débuts d'utilisation du droit européen sur la protection des bases de données, puisque l'INRA et certains consortiums ont commencé à déposer les bases de données à l'Agence de protection des programmes, dans le cadre de la protection sur la base de données. Ce droit sur les bases de données est un droit encore très incertain, potentiellement très fort puisqu'il protège non seulement la structure de la base de données mais le contenu même des données contre toute utilisation ou extraction abusive. C'est un droit sur lequel il n'y a pas de jurisprudence. L'INRA ou Génoplante le font pour certains projets tout simplement pour faire part de l'antériorité de la production des connaissances dans des débats éventuels.

Quel est l'impact des brevets pris sur les séquences sur l'activité de recherche ? D'un côté, des chercheurs soulignent des formes de complémentarité entre brevet et publication. Les chercheurs préparent une publication tandis qu'ils contribuent à la rédaction du brevet. Ils travaillent alors en temps masqué et le dépôt de brevet n'a pas d'effet sur le délai de publication. Certains signalent le dépôt de brevet pour couvrir une publication – ce qui peut inciter à déposer des brevets assez tôt dans le processus de recherche. D'un autre côté, un chercheur fait apparaître un effet caché des brevets sur la circulation en amont des outils et des données de recherche. En effet, si la pratique est de prendre des brevets sur des séquences ou des fragments de séquence, cela va tendre à raréfier la circulation de toutes les données stratégiques pour identifier les gènes en question. Cela explique la prolifération des accords de transfert de matériel et les termes très restrictifs de certains contrats qui freinent, voire dissuadent, les échanges. Certains de nos interlocuteurs avancent que les brevets pris sur les séquences génétiques n'auront finalement que peu d'impact sur l'innovation variétale, compte tenu notamment de la distance qui existe entre l'identification d'un gène et une innovation variétale : *"les brevets sur les gènes d'analyse fonctionnelle d'*Arabidopsis*, ces techniques qui vont produire des résultats à haut débit, jusqu'à l'arrivée du certificat d'obtention végétale, il faut compter 10-15 ans ; il faut tenir compte du délai ; peut-être que le brevet sera complètement fini, peut-être y aura-t-il matière à des perfectionnements, à de la PI qui ne sera pas forcément dépendante ; c'est pour ça que les chercheurs ne se préoccupent pas beaucoup des 400 brevets sur le maïs".*

Les chercheurs doivent aujourd'hui se mouvoir dans un paysage passablement encombré par les nouvelles normes de la propriété intellectuelle. Ils doivent conjuguer différents niveaux d'accessibilité et de publicité de leurs travaux dans le cadre de programmes de recherche mixtes, de consortiums académiques, de partenariats divers. Par exemple, un chercheur en génétique végétale devra gérer la confidentialité dans un contrat industriel, plusieurs cercles de diffusion des résultats dans un programme mixte de recherche (Génoplante), les termes d'un accord de transfert de matériel qui confère des droits de propriété au donneur d'un mutant, ou encore des échanges scientifiques traditionnels dans lesquels les retours sont prévus en termes de publications communes ou de réciprocité des apports de matériel biologique. Il s'agit encore des nouveaux droits sur les ressources biologiques qui interviennent dès lors que l'on veut se procurer des plants d'*Arabidopsis* en Chine. Cette évolution implique une participation croissante des chercheurs – et des gestionnaires de la recherche des institutions scientifiques – à la gestion, voire la définition, de dispositifs de propriété intellectuelle. Le bilan tiré par exemple par les chercheurs qui travaillent sur l'arabette ne conclut pas à une fermeture du système de recherche, mais à un système qui fait coexister plusieurs cadres d'appropriation des données, de manière plus ou moins conflictuelle : "*On n'a pas évolué vers un système complètement verrouillé,*

mais un système extrêmement divers, ce qui complique un peu notre travail parce que c'est moins lisible. Il y a une multiplicité de partenaires, une multiplicité de contraintes qui sont difficiles à analyser pour nous".

3. Des initiatives pour réguler la propriété intellectuelle

Dans quelle mesure les institutions de recherche publique peuvent-elles jouer un rôle régulateur pour l'appropriation et la diffusion de la science et des innovations ?

Elles peuvent par exemple s'engager dans la création de réseaux scientifiques publics et de bases de connaissances publiques, pour contourner les bases de données privées ou réservées : "*Quand il y a des choses de ce type qui bloquent, c'est la NSF qui débloque en finançant un programme équivalent. Pour le cas de données de séquences qui étaient des données privées, c'était : faites ce que vous voulez, on fait la même chose et on le balance dans le domaine public*".

Le consortium CATMA joue ce rôle pour une puce à ADN. Il existait un départ deux options pour produire un grand nombre d'oligonucléotides à partir des séquences générées par Génoplante. La première visait à confier la production de ce matériel à une société de biotechnologie. Mais celle-ci demandait des droits de propriété étendus sur ces oligonucléotides et sur les produits dérivés. La seconde, demandée particulièrement par les chercheurs du public, visait à constituer un consortium européen pour partager les coûts de production et à verser la puce à ADN dans le domaine public. Les membres de Génoplante ont bénéficié d'une courte priorité de 3 mois pour accéder aux résultats, puis les membres du consortium européen ont bénéficié également d'un délai de 3 mois, avant que les résultats ne soient versés dans le domaine public.

Il s'agit encore de clauses de contrats qui visent à assurer la diffusion des innovations au sein d'un réseau d'utilisateurs industriels : il en va ainsi de la clause des licences de savoir-faire définies par l'INRA qui, en cas de licences non exclusives, prévoit que les perfectionnements seront partagés au sein du réseau des licenciés d'un produit ou d'un procédé issu de l'INRA, sur une base de réciprocité. Ce système de partage des perfectionnements au sein d'un réseau de licenciés peut être assimilé à l'organisation d'un pool de brevets accessible à une communauté d'ayants droit. Ce système, difficile à faire respecter selon nos interlocuteurs, est suffisamment original dans le domaine considéré pour qu'on s'y arrête.

Pour ce qui concerne le rôle régulateur des institutions académiques pour la propriété intellectuelle, je terminerais par l'exemple du brevet sur l'insuline pris au début des années 20 par l'Université de Toronto. Les chercheurs de l'Université de Toronto qui n'étaient pas en mesure d'assurer l'industrialisation de l'insuline ont déposé un brevet avec lequel ils se sont efforcés de contrôler le processus de diffusion et d'industrialisation de leur invention. Suite à un premier conflit avec Eli Lilly, ils ont mis en place un système de licence non exclusive et un pool de brevets pour les brevets de perfectionnement qui pourraient être pris par leurs licenciés – c'est le même système que celui prévu dans les licences de savoir-faire de l'INRA. Avec ce système, les industriels licenciés devaient accorder une licence gratuite de leur brevet à l'Université – afin que celle-ci ne puisse être court-circuitée par un brevet de perfectionnement – et d'autre part partager leurs additions avec les autres licenciés. Ces derniers s'acquittant d'une redevance qui ne devait pas excéder le taux de redevance fixé par l'Université.

Discussion

Question : Pourriez-vous revenir sur le rôle des start-up, notamment lorsque ce sont des chercheurs publics qui en sont à l'origine ? S'agit-il d'un phénomène localisé dans le temps ? Ou peut-on supposer qu'il s'agit d'une tendance lourde de l'organisation de la recherche ?

M. Cassier : Dans le domaine médical, notamment celui de la génomique, c'est vraiment quelque chose de structurant par rapport à la recherche. On a un système tripolaire avec : les universités qui génèrent les start-up ; les start-up, qui restent liées à la recherche académique de différentes manières, parfois étroitement, avec dans certains cas une vraie division du travail entre les deux ; les laboratoires pharmaceutiques. Ces éléments forment un réseau triangulaire. A mon sens, dans la mesure où beaucoup de start-up se sont créées au départ pour avoir de forts droits de propriété intellectuelle sur les données génomiques, ces réseaux rendent difficiles la réalisation, par exemple, de pools de brevets ou de pools de droits, parce que les propriétaires sont trop nombreux et ont des intérêts trop divergents. Ce problème émergeant des pools de brevets ou de connaissances est très difficile.

Des start-up se sont créées. Il y a eu une évolution, il y a des vagues. Ces start-up sont d'abord dépendantes des marchés et des cycles financiers. Dans le domaine de la génomique, par exemple, Walter Gilbert, un des pères de la génomique, a décidé en 1987 de créer rapidement sa start-up pour vendre des séquences génomiques. Le problème est qu'en octobre 87, il y avait un crack. Aujourd'hui nous sommes aussi dans une phase de dépression.

Dans le domaine de la génomique, la stratégie était de générer de la connaissance dite "propriétaire", avec de forts droits de propriété intellectuelle, sous forme soit de contrats exclusifs soit de brevets, que l'on va vendre. Ce concept est entré en concurrence avec le système de production publique de la génomique. On a vu dans le domaine du génome humain que le concept de Celera, fondé sur la réservation et la vente unique de données, ne tenait pas avec le temps. La stratégie de sociétés comme Celera, Genset, Transgène, etc., évolue. Ces sociétés ne se contentent plus de simplement constituer des portefeuilles de propriété industrielle sur les données génétiques. Elles entreprennent de plus en plus d'intégrer de la recherche pharmaceutique dans leurs murs. On assiste à un changement de métier dans un grand nombre de start-up, qui se traduit par la venue de spécialistes de la recherche pharmaceutique, ayant géré de la recherche dans des grands labos, qui entrent dans les start-up pour leur faire amorcer ce tournant. Il y a parmi les start-up des trajectoires différentes, plus ou moins viables.

Dans le domaine médical, ce qui est très discuté, en Europe mais aussi au Canada, aux Etats-Unis et en Australie, c'est le rôle de sociétés qui détiennent des droits exclusifs sur des gènes et ensuite sur des tests génétiques, parce que dans le domaine médical, l'installation de monopoles crée évidemment des problèmes pour le public.

Les orientations actuelles du département "Génétique et amélioration des plantes"

Marianne Lefort

INRA, Département de génétique et amélioration des plantes
RD 10 - Route de Saint-Cyr - 78026 Versailles cedex
dgap@versailles.inra.fr

Marianne Lefort est généticienne : elle a d'abord travaillé sur la connaissance et l'exploitation de l'hétérosis (colza, maïs) puis sur la structuration, la gestion et la valorisation de la diversité génétique (maïs). Elle a dirigé le Bureau des ressources génétiques (BRG) de 1993 à 1999. Elle est actuellement chef du département "Génétique et amélioration des plantes" de l'INRA.

Introduction

Durant les cinq dernières décennies, le département de Génétique et d'amélioration des plantes de l'INRA a apporté une contribution essentielle à l'innovation variétale, en stimulant et accompagnant le progrès génétique dans les différentes filières agricoles et en aidant les acteurs de ces filières à se structurer pour progresser plus collectivement. Cette contribution s'est traduite par un immense succès tant dans l'innovation variétale que dans la structuration des filières, avec un déplacement progressif de l'accompagnement de l'Institut vers l'acquisition de connaissances en amont de l'innovation et le développement de méthodologies de sélection.

Aujourd'hui, l'évolution des sciences dans le domaine de la génétique et le contexte socio-économique conduisent à élargir les missions de ce Département, dans une logique de continuité plus que de rupture. Trois points majeurs de cette évolution méritent d'être rappelés.

Les évolutions de contexte

En premier lieu, il faut souligner les progrès fantastiques réalisés ces dix dernières années dans la connaissance des génomes, avec l'essor de la génomique et plus récemment le développement d'une biologie à haut débit. L'INRA et en particulier son département de Génétique et d'amélioration des plantes ne peuvent être absents de cette dynamique scientifique, au sein de laquelle il apparaît souhaitable d'intégrer aussi les modèles biologiques complexes que sont les espèces cultivées. En outre, les connaissances de plus en plus précises des supports biologiques de l'hérédité conduisent à reconsidérer les méthodologies de gestion et d'exploitation de la diversité génétique, supports de base de l'amélioration des plantes.

En second lieu, il faut rappeler les évolutions récentes du contexte socio-économique de la recherche/développement dans le domaine agro-industriel, en particulier le secteur semencier. On recense actuellement trois types d'entreprises : (i) des multinationales, dont la composition est très évolutive et qui ont souvent mis en place d'ambitieux programmes de génomique, seules ou en partenariat avec la recherche académique ; (ii) des entreprises semencières de petite taille qui ont choisi de s'associer aux grands groupes précédents et qui ont accès aux savoir-faire et ressources génétiques de ces gros groupes ; (iii) des petites entreprises familiales ou coopératives qui souhaitent se maintenir sans pouvoir investir dans la génomique et qui comptent sur la recherche publique pour assurer le transfert des connaissances dans ce domaine. Ces évolutions bouleversent complètement les stratégies de partenariat avec la recherche publique qui prévalaient avant l'essor de la génomique, cette dernière générant de nouvelles questions de propriété industrielle et d'éthique de la recherche publique.

Le troisième élément à prendre en compte est celui de l'élargissement des champs d'application de la génétique du fait d'un élargissement des fonctions de l'agriculture et de la diversification des

productions, mais aussi des questionnements de la société par rapport à certains types d'innovations. Les connaissances en génétique végétale sont aujourd'hui sollicitées en amont et en aval du champ disciplinaire que constitue l'amélioration des plantes : en amont, avec la caractérisation et la gestion durable de la diversité génétique des espèces cultivées et de celles qui leurs sont apparentées ; en aval, avec l'évaluation des impacts agri-environnementaux des innovations variétales et la gestion des risques éventuellement associés.

Ces éléments de contexte ont d'abord conduit à recadrer les missions du département. Il s'agit pour ce dernier de contribuer (i) à la production de connaissances génériques, (ii) au maintien et au développement d'une capacité d'expertise "publique", et (iii) à la création d'innovations par la diffusion des connaissances scientifiques et par le développement et la gestion d'un réservoir d'innovations potentielles au service de l'ensemble de la collectivité. Le contexte a ensuite incité à aller vers une nouvelle structuration scientifique des activités du département pour mettre celle-ci en cohérence avec l'évolution des enjeux scientifiques et socio-économiques.

Des évolutions importantes ont été engagées dans le département, depuis une douzaine d'années avec la montée en puissance de la génomique : conversions thématiques, acquisition de nouvelles compétences et technologies, diminution du nombre d'espèces travaillées et développement de travaux sur *Arabidopsis*… L'objectif de la présentation qui suit est de montrer comment la réflexion est actuellement poursuivie, dans un contexte international devenu extrêmement compétitif, et en intégrant les nouveaux champs d'application de la génétique au service de l'agriculture.

Un nouveau cadre de référence pour le département

C'est face à ces évolutions de contexte et avec ces missions re-visitées que le département a proposé en 2000 de s'appuyer sur un nouveau cadre de référence, structuré autour de quatre volets :

- le premier est centré sur la préservation, l'analyse et la gestion de la biodiversité des espèces d'intérêt agronomique et de celle de leur apparentées ; il comporte de nouveaux enjeux scientifiques pour le département, enjeux qui seront développés un peu plus loin ;
- le second est la connaissance des génomes et de leurs fonctionnalités, qui mérite d'être développée sur les espèces cultivées en s'appuyant largement sur les espèces "modèles" à petit génome ;
- le troisième est le développement de méthodes et de concepts pour la création de matériel végétal innovant, dans la poursuite des travaux engagés par le département au cours des dernières décennies, tout en veillant à l'insertion des connaissances acquises sur les génomes et leur fonctionnement ;
- le dernier point est centré sur l'aval des innovations variétales ; il vise à en évaluer les impacts dans les domaines socio-économiques, alimentaires et agro-écologiques, tout en proposant des recommandations pour améliorer les possibilités de leur gestion sur le terrain ; c'est un nouveau domaine largement pluridisciplinaire pour lequel le département met à contribution ses compétences en génétique.

Je tiens à préciser ici, quitte à faire de la rhétorique, que ce recadrage ne constitue en aucun cas une situation de rupture par rapport à ce qui se passait il y a dix ou quinze ans. A travers un cœur de métier disciplinaire qu'est la génétique, il souligne bien la mobilisation des diverses composantes de cette dernière (génétique des populations, génétique moléculaire, génétique quantitative) au service d'enjeux appliqués beaucoup plus larges qu'auparavant. On est donc bien dans un contexte de continuité.

Le deuxième point sur lequel je souhaite attirer l'attention est le fait qu'un tel enrichissement des activités du département, en amont (diversité génétique) et en aval (impacts) de l'innovation variétale, impose bien évidemment de procéder à des rééquilibrages de moyens sur ce nouvel ensemble d'activités. Dans ce contexte, nous sommes conduits à réduire les programmes sur le troisième volet qui a constitué le cœur des activités du département jusqu'en 1990, au profit de nouveaux projets sur les trois autres volets.

Je vais maintenant vous présenter rapidement le contenu de ces quatre volets, en insistant sur les évolutions des objectifs, des compétences et des partenariats avec les acteurs publics et privés, mais aussi sur les nécessaires adaptations du dispositif structurel actuel.

1. Connaître les génomes et leurs fonctionnalités

J'aborderais d'abord le volet "connaître les génomes et leurs fonctionnalités" qui comprend deux champs : l'un générique correspondant au développement de ressources génomiques, biologiques et informatiques et aux études sur l'organisation des génomes et les relations entre espèces voisines ; l'autre à vocation plus finalisée concernant les déterminants génétiques, physiologiques et moléculaires de caractères agronomiques liés au développement de la plante (végétatif, florifère ou fructifère) ou à leur capacité d'adaptation aux contraintes du milieu (biotiques ou abiotiques). Ce dernier champ est très vaste et ne peut être décliné de façon exhaustive pour l'ensemble des espèces cultivées : il impose un certain nombre de choix pour le département.

Quels sont les contours de ce dernier champ et quelles compétences sont mobilisées ?

Il s'agit d'acquérir des connaissances sur les gènes impliqués dans la variation qualitative ou quantitative de caractères d'intérêt agronomique, afin que ces connaissances puissent être exploitées dans des schémas de sélection. Cette exploitation pourra être réalisée directement ou indirectement, selon que les connaissances auront été acquises sur l'espèce d'intérêt ou sur une espèce plus ou moins proche d'un point de vue phylogénétique. L'acquisition de telles connaissances fait largement appel aux outils de la génomique au sens large, y inclus la transcriptomique et la protéomique. Elle nécessite le développement d'une biologie intégrative, capable de relier ce qui se passe au niveau d'un gène ou d'un réseau de gènes à ce qui est exprimé au niveau d'une plante entière voire d'un peuplement. Elle fait donc largement appel à des outils permettant de générer et traiter des données à haut débit.

Pour faire face à ces changements d'échelle, le département est confronté à deux scénarios :
- investir massivement sur les deux espèces modèles *Arabidopsis thaliana* et *Medicago sativa*, tout en soutenant le CIRAD sur le modèle "riz" ;
- équilibrer ses investissements entre ces plantes "modèles" et quelques espèces cultivées pour valider et adapter les connaissances disponibles sur les modèles au fur et à mesure de leur acquisition, mais aussi pour développer des connaissances spécifiques aux espèces cultivées.

C'est le deuxième scénario qui a été retenu en privilégiant, outre les deux "modèles" précédents, trois espèces cultivées pour contribuer de façon très significative au développement de ressources génomiques : le blé, espèce relais pour les monocotylédones ; la tomate, espèce relais pour les études relatives au développement et à la maturation du fruit charnu ; la vigne, espèce ligneuse à petit génome, emblématique pour la France. Outre ces trois espèces, le département développe des travaux sur les déterminants génétiques de caractères agronomiques pour plusieurs autres espèces cultivées, sans toutefois avoir le même souci d'acquisition exhaustive des outils : maïs, colza, pois, pommier, pêcher et abricotier, melon, piment, pomme de terre... Il privilégie aujourd'hui les caractères concourrant à une agriculture plus respectueuse de l'environnement et fournissant des produits de qualité.

Le développement d'une biologie intégrative appelle la mobilisation de compétences très diversifiées qui dépassent largement le champ de compétences du département GAP. Bien que ce dernier ait récemment élargi son champ avec le recrutement de génomiciens et de bio-informaticiens, il ne peut travailler sans l'aide des différentes disciplines capables de contribuer à la compréhension des mécanismes biologiques sous-jacents aux caractères agronomiques considérés : physiologistes moléculaires et de la plante entière, agronomes, technologues, pathologistes… La pluridisciplinarité de l'ensemble des travaux conduits dans ce champ est absolument essentielle notamment pour s'assurer de la pertinence des cibles retenues dans les différents projets, eu égard aux caractères agronomiques considérés.

Quelles réflexions sur le dispositif et le partenariat ?

Le développement de la génomique impose la constitution de masses critiques de chercheurs ainsi qu'une concentration des équipements et des moyens, mais aussi une centralisation de l'ensemble des informations acquises sur une espèce donnée. Le dispositif est donc recomposé et concentré autour de pôles de compétences dédiés à une espèce ou un groupe d'espèces données (voir figure 1). Il s'appuie aussi largement sur les plates-formes technologiques extérieures à l'INRA, en interne et en externe (génopoles, CNS, CNG…).

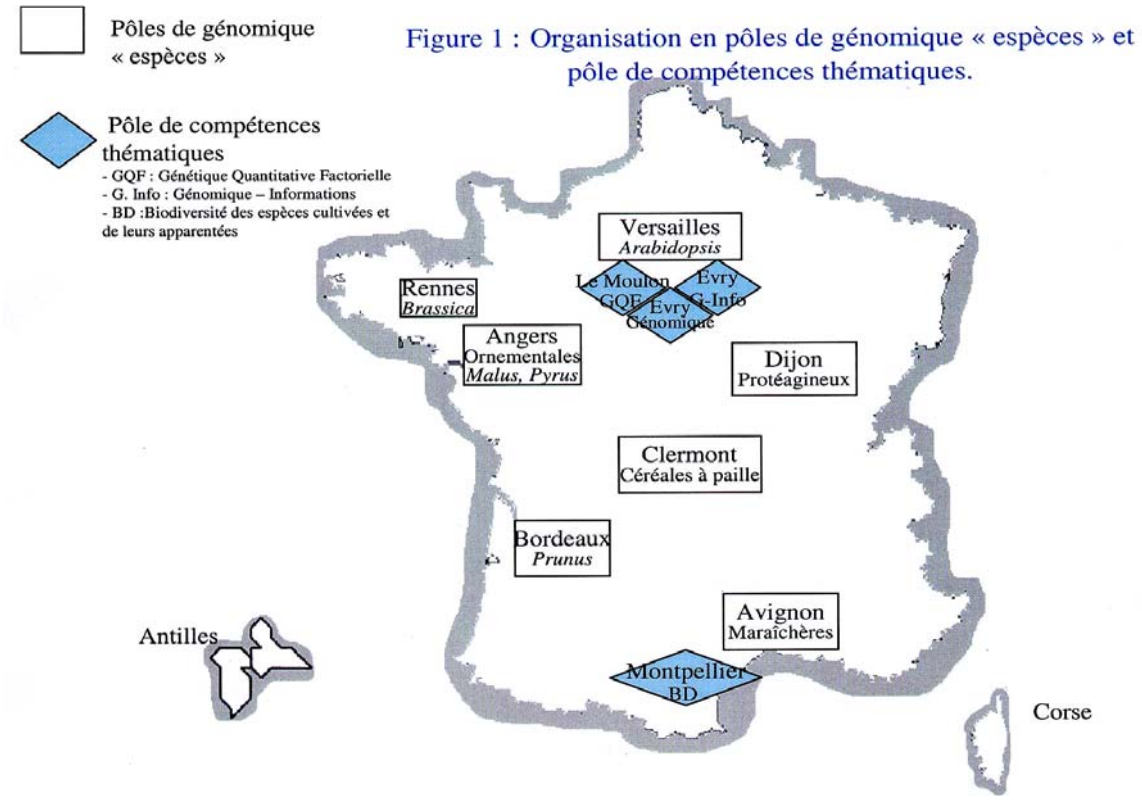


Figure 1 : Organisation en pôles de génomique « espèces » et pôle de compétences thématiques.

L'investissement énorme à consentir dans les domaines de la génomique pour les espèces cultivées incite l'INRA à développer largement les collaborations, aux niveaux national et international, avec les partenaires publics et privés. En ce qui concerne le partenariat avec les équipes académiques publiques, la stratégie est d'être présent dans les grands consortiums internationaux et d'aider à la fédération des acteurs européens au sein de ceux-ci. Dans le cas de partenariats avec les professionnels, il s'agit de mettre en synergie les capacités des acteurs publics et privés pour (i) développer les travaux sur quelques espèces "phares" et (ii) accompagner le transfert des connaissances et des méthodes vers les autres espèces cultivées. Les modalités de la collaboration entre les partenaires publics et privés doivent être établies en veillant (i) à ne pas freiner la diffusion et la progression des connaissances académiques et (ii) en privilégiant les cibles agronomiques sur lesquelles la recherche publique est légitime à travailler.

2. Préserver, analyser et gérer la biodiversité des espèces cultivées

Je vais maintenant vous présenter le deuxième volet de nos activités, centré sur la préservation, l'analyse et la gestion de la biodiversité des espèces cultivées et de celles qui leur sont apparentées.

Quels contours des activités ?

Ce volet est structuré selon deux champs. Le premier est relatif à la connaissance de la diversité (caractérisation, structuration et gestion des collections de ressources génétiques) et à son histoire évolutive sur des pas de temps longs ; ce dernier point est relativement nouveau au sein du département. Les travaux relatifs à la connaissance de la diversité prennent une nouvelle dimension avec la possibilité d'étudier la variation allélique pour des gènes d'intérêt. Ces nouvelles informations, combinées aux études de structuration de la diversité, doivent permettre d'optimiser la gestion des collections de ressources génétiques, collections sur lesquelles nous reviendrons un peu plus loin.

Le second volet regroupe l'ensemble des travaux sur la dynamique de la diversité : à l'échelle du génome, au sein de populations composites (gestion dynamique ou pré-breeding) ou encore au sein d'écosystèmes cultivés (dynamique des flux géniques entre compartiments sauvages et cultivés). Les travaux conduits sur les flux de gènes devraient monter en puissance dans les prochaines années, à

partir de quelques modèles biologiques ; ils contribuent au développement de l'expertise collective sur l'impact des innovations variétales.

Si ce volet était déjà abordé pour partie dans les années précédentes, de nombreux pans sont nouveaux, soit du fait des connaissances acquises sur le génome soit du fait de nouvelles questions de recherche. Se posent donc, comme dans le volet précédent, des questions de renouvellement de compétences, d'évolution du dispositif et des partenariats. Avant de présenter ceux-ci, je souhaite revenir sur la légitimité et les modalités de la contribution du département au maintien de collections de ressources génétiques.

Quelle contribution du département à la gestion des collections de ressources génétiques ?

Depuis de nombreuses années, les chercheurs du département GAP ont collecté des ressources génétiques et maintenu celles-ci au profit de la communauté académique et non académique. Aujourd'hui, ces collections sont utilisées pour construire de nouvelles ressources nécessaires aux études de génomique. L'ensemble de ce matériel génétique constitue un réservoir de diversité fantastique et un patrimoine scientifique de grande valeur pour répondre aux besoins nouveaux des générations actuelles et futures. Il est donc nécessaire d'organiser leur préservation et de l'inscrire dans le long terme.

Le Bureau des ressources génétiques (BRG) œuvre depuis longtemps pour faire reconnaître ces activités de conservation, *a minima* pour les "collections nationales" sous-ensemble des précédentes, restreint aux ressources tombées dans le domaine public et dont la responsabilité de conservation incombe à la France. Il coordonne ces activités sans avoir les moyens de les réaliser ou de les accompagner financièrement. Il doit pouvoir s'appuyer sur des structures qui ont mandat pour assurer cette gestion. Au-delà des collections nationales, il conviendrait que l'INRA puisse être reconnu dans sa mission de préservation de l'ensemble des ressources génétiques des espèces cultivées qu'il détient (espèces majeures et mineures, espèces sauvages apparentées) et y associe les moyens nécessaires. Si, comme le disait Yves Hervé, cette activité a jusqu'à présent fonctionné en s'appuyant sur le bénévolat, cette situation ne peut plus durer aujourd'hui compte-tenu des rééquilibrages de moyens internes au département et de l'augmentation des ressources pour les besoins de la génomique. Outre cette mission de service public de préservation des ressources, le maintien d'un investissement même faible sur les espèces mineures ou orphelines, notamment à travers une caractérisation et une connaissance minimales de l'espèce, permettra au département de contribuer aux besoins éventuels d'expertise publique pour ces espèces.

J'en profite pour revenir sur l'intervention de Pierre-Benoît Joly, qui se faisait l'écho de plusieurs collègues pensant qu'à travers la connaissance exhaustive des génomes d'*Arabidopsis* et de *Medicago*, on aurait un réservoir de gènes qui permette d'adresser tous les problèmes. Je ne suis pas d'accord avec cette affirmation qui d'une part occulte l'existence de fonctions spécifiques à chacun des modèles "cultivés" et d'autre part fait totalement abstraction des fonctionnements intégratifs de la plante (réduite à un "réservoir de gènes indépendants"), façonnés et adaptés depuis des millénaires pour certaines espèces.

Quelles évolutions des compétences, des partenariats et du dispositif ?

L'ouverture sur les champs liés à l'histoire évolutive et à la dynamique des flux de gènes fait appel à des compétences en génétique des populations et en modélisation, encore très peu développées dans le département. Le souci a donc été de recruter en un même lieu plusieurs chercheurs dans ces domaines, afin de constituer un pôle de compétences génériques sur la biodiversité des espèces cultivées. La création de ce pôle a été réalisée à Montpellier où des compétences du même type sont mises à profit sur des questions liées aux espèces sauvages et aux écosystèmes naturels, dans les domaines végétal et animal. Elle doit permettre de bénéficier de compétences complémentaires dans les domaines de l'écologie et de la botanique, sans pour autant les recruter au sein du département.

Concernant les ressources génétiques, il est important de distinguer deux points :
- la contribution du département à la gestion des collections nationales s'inscrit dans une dynamique de collaboration française (réseaux coordonnés par le BRG) et européenne (réseaux ECP/GR coordonnés par l'IPGRI) ;

- la stratégie de collaboration pour le matériel génétique géré hors réseau (généralement plus de 80% des ressources) n'est pas encore établie à l'échelle européenne ; elle devra être contractualisée dans le cadre de la construction de l'Espace Européen de la Recherche et inciter à un partage des tâches entre des institutions publiques ; dans l'attente d'une telle organisation, le département a choisi de développer des centres de ressources génétiques à proximité des pôles de compétences en génomique des différentes espèces (voir figure 2).

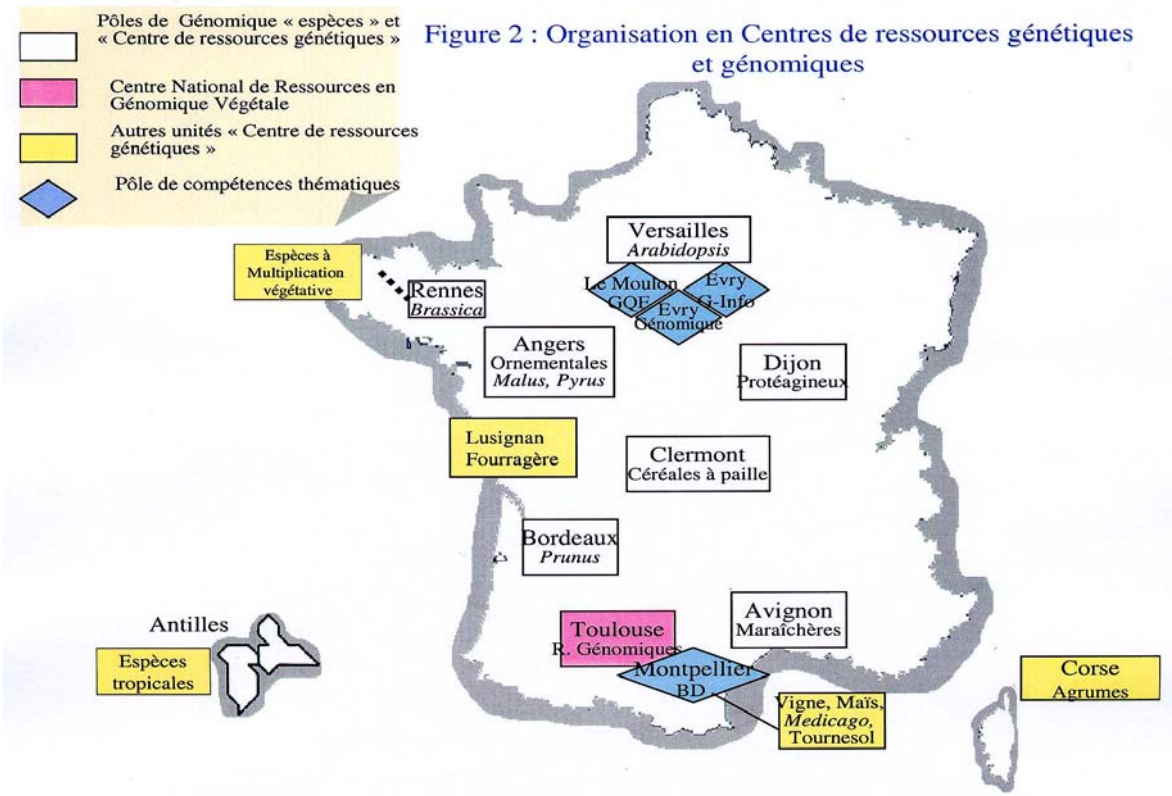


Figure 2 : Organisation en Centres de ressources génétiques et génomiques

3. Développer des méthodes et des concepts pour la création de matériel végétal

Le troisième volet des activités du département correspond au développement de méthodes et de concepts pour la création de matériel végétal.

Quels contours de ce volet ?

Il comporte deux champs : le premier à vocation conceptuelle et méthodologique dont le but est d'approfondir la génétique fondamentale et la génétique des caractères complexes, en s'appuyant sur les connaissances acquises sur l'organisation, le fonctionnement et les modalités d'expression des gènes. Je ne reviendrais pas sur ce champ dans mon exposé ; j'insiste juste sur le fait qu'il fait là encore appel à de nouvelles compétences dans le domaine de la modélisation, compétences qui méritent d'être consolidées au sein du pôle de génétique quantitative multifactorielle constitué en région parisienne (Le Moulon).

Je voudrais m'attarder plus longuement sur le second champ qui a trait à l'innovation variétale et à la diversification, dans la poursuite logique des travaux d'amélioration des plantes développés depuis longtemps dans le département. Ces travaux sont conduits en s'appuyant sur les méthodologies précédentes et en intégrant les outils de la génomique dans les schémas de sélection assistée par marqueurs. Ils nécessitent des compétences en sélection et en amélioration des plantes, en s'appuyant sur une bonne connaissance de la plante entière. Si ces compétences ont constitué le fer de lance du département jusqu'en 1990, il convient aujourd'hui de veiller à ne pas les perdre avec les départs en retraite de nombreux chercheurs, tout en rééquilibrant les effectifs du fait de l'ouverture à de nouveaux champs d'activités. Il convenait donc d'opérer un certain nombre de choix sur les espèces et cibles à

considérer, choix que l'on a tenter d'étayer à partir d'une réflexion sur la légitimité de la recherche publique en matière d'innovation variétale.

Quelles perspectives pour l'innovation variétale au sein du département GAP ?

La réflexion a d'abord été menée par un petit groupe de personnes pour la plupart extérieures au département GAP, internes et extérieures à l'INRA. Elle a ensuite été poursuivie et déclinée par espèce avec le soutien de la direction scientifique "Plante et produits du Végétal" de l'INRA.

Deux éclairages complémentaires ont été retenus : l'un permettant de donner quelques éléments de contexte transverses aux grandes filières de production (alimentation animale et valorisation des matières premières, biocarburants, gestion de l'eau, agriculture durable et innovations variétales) ; le second argumentant les choix pour chacune des filières de production. Pour chacune des filières, l'analyse a consisté à recenser les enjeux socio-économiques et les enjeux scientifiques associés aux différentes espèces faisant encore l'objet d'un programme de sélection dans le département ; pour les plantes de grande culture ont également été pris en compte quelques critères agro-écologiques.

. La réflexion a été conduite en rappelant que l'objectif de l'INRA était de produire des connaissances, de l'expertise et de l'innovation au profit du plus grand nombre, en veillant à ne pas faire de doublons et à ne pas se substituer au privé. Dans ce contexte, la protection de l'environnement et des ressources naturelles constitue un enjeu prioritaire, notamment au profit des générations futures. Les améliorations en termes de qualité et de sécurité alimentaire en sont un autre. J'insiste sur l'importance pour le département de maintenir une activité d'innovation variétale, avec des modèles (espèces et cibles) ayant une valeur d'exemple ou de démonstration, pour des critères complexes (où la pluridisciplinarité de l'Institut peut être mise à profit) et pour lesquels les risques peuvent être plus importants que ceux susceptibles d'être pris par des acteurs privés.

. L'analyse des critères socio-économiques a permis de prendre en compte d'une part des arguments géostratégiques et d'autre part la contribution à l'organisation des filières pour justifier de la légitimité des investissements futurs du département. En matière de géostratégie, n'a été considéré que l'enjeu européen au sein d'une agriculture multipolaire, la réflexion méritant d'être complétée ultérieurement pour prendre en compte le soutien éventuel à l'agriculture des pays les plus pauvres.

. L'analyse des enjeux et critères scientifiques a intégré : (i) les possibilités de production de connaissances scientifiques de haut niveau (modèles biologiques pertinents, questions scientifiques originales…) ; (ii) l'importance des investissements en génomique affectés à l'espèce ; (iii) la compétitivité effective du département dans le contexte international et plus précisément dans l'espace européen de la recherche. Dans ce cadre, l'analyse a mis l'accent sur les innovations susceptibles de contribuer aux préoccupations environnementales (peu considérées par les acteurs privés) et fournissant des produits de qualité.

. L'enjeu environnemental s'est aussi traduit par la prise en compte de quelques critères agro-écologiques pour les grandes cultures : (i) la place de l'espèce dans les systèmes de culture (rotation, aspects phytosanitaires, résidus d'azote…), (ii) la place de l'espèce dans les milieux difficiles ou défavorisés ; (iii) la contribution de l'espèce au maintien d'une biodiversité nécessaire à la durabilité de l'agrosystème et à sa valeur paysagère. Dans tous les cas, l'effort d'innovation s'inscrit dans un contexte de forte diversification des systèmes de culture. L'analyse méritera d'être complétée en intégrant les enjeux liés aux territoires pour lesquels la réflexion est encore inexistante.

Les enjeux scientifiques d'une part, et la réflexion conduite sur la légitimité de la recherche publique d'innovation d'autre part, conduisent à proposer l'arrêt ou le maintien de l'activité d'innovation variétale pour chacune des espèces et, dans l'hypothèse d'un maintien, à préciser les critères sur lesquels l'innovation doit porter ces prochaines années. Ces premières conclusions vont faire l'objet d'une large concertation en interne et à l'extérieur de l'Institut, en vue d'enrichir la réflexion et de mieux en partager les enjeux avec l'ensemble des acteurs concernés. La concertation avec les autres départements de l'INRA, appelés à se mobiliser autour d'objectifs d'innovation plus largement partagés, sera déterminante ; en effet, l'amélioration des plantes, notamment pour des caractères "complexes", dépasse la seule contribution de la génétique et devrait maintenant être plus largement travaillée dans un cadre pluridisciplinaire. Dans ce contexte, l'INRA doit pouvoir jouer un rôle moteur au niveau européen.

La réorganisation des activités d'innovation variétale : quelles conséquences sur le dispositif et le partenariat ?

La réorganisation des activités d'innovation variétale devrait se traduire par deux évolutions majeures. La première consiste en un renforcement marqué de la gestion des collections de ressources génétiques, telle que présentée auparavant.

La seconde vise à organiser de nouvelles modalités pour le transfert de savoir-faire, de matériel biologique et d'expertise de l'INRA, au service de projets d'innovation variétale sollicités par les professionnels ou la filiale Agri-Obtentions, pour des espèces ou cibles non retenues par l'INRA. C'est dans cet esprit que l'INRA réfléchit à la possibilité de fournir un accompagnement environné à ces firmes et à sa filiale, à travers la mise en place de plates-formes d'innovation variétale. Ces plates-formes, localisées là où se trouvent les ressources génétiques, les outils de génomique ainsi que les connaissances et savoir-faire sur la plante entière (cf. figures 1 et 2), fourniront l'environnement nécessaire à tout projet d'innovation variétale que souhaiteraient conduire les professionnels sur fonds propres.

4. Impact, acceptabilité et gestion des innovations variétales

Ce dernier volet est un programme transversal à de nombreux départements de l'Institut, au sein duquel le département met à profit ses compétences de génétique.

Le département contribue à ce volet à trois niveaux :
- par le biais des travaux sur la dynamique des flux géniques entre les compartiments sauvages et cultivés d'un agro-système ;
- à travers les recherches sur la durabilité des résistances variétales, menées conjointement avec le département "Santé des plantes et environnement" ;
- dans le cadre de projets ambitieux pluridisciplinaires associant sciences agronomiques et biologiques et sciences sociales.

Dans ce dernier cas, il s'agit de développer des approches globales sur l'introduction et les modes de gestion appropriés des innovations variétales : impact social, économique et environnemental, modalités de production et contraintes d'organisation au sein du territoire agricole, encadrement juridique… Ces approches se situent clairement dans la logique d'une agriculture fragmentée et régionalement organisée. L'objectif, ambitieux et complexe, est appréhendé dans le cadre d'un programme transversal mobilisant de nombreux départements de l'INRA : il est construit autour de quelques modèles d'études communs, dépassant la seule juxtaposition de connaissances disciplinaires.

Je voudrais illustrer ce dernier point en donnant un aperçu du projet conduit sur le pois d'hiver. Les généticiens/améliorateurs sont directement impliqués dans la composante génétique de l'innovation : augmentation de la sensibilité à la photopériode et de la résistance au gel. Les agronomes et les pathologistes sont mobilisés pour préparer l'insertion de ces nouveaux types "hiver" dans des systèmes de culture adaptés, en repensant les itinéraires techniques et en intégrant les risques pathogènes liés à ces nouvelles cultures. Par ailleurs, les économistes sont sollicités pour approfondir la viabilité économique de tels systèmes de production au niveau de l'exploitation et pour préciser l'impact économique d'une plus large insertion du pois dans l'alimentation animale (monogastriques et ruminants). L'ensemble de ces considérations doit permettre aux généticiens de rebondir sur de nouveaux critères de sélection, si nécessaire, afin de consolider les premiers prototypes innovants. L'INRA pourra alors proposer cette innovation, en l'assortissant de modes de conduite et de gestion adaptés, afin d'en optimiser la mise en marché et d'en promouvoir le succès.

Conclusion

A travers cette présentation, j'ai souhaité montrer comment les changements d'activités du département étaient associés à une réflexion sur l'évolution des compétences, du dispositif et du partenariat. Ces évolutions sont en cours et non encore figées, laissant ainsi de l'espace à la construction collective et au traitement des questions de fond qu'elles induisent. La gestion du dossier

sur les perspectives d'innovation variétale dans le département illustre bien le type de démarche poursuivi et l'appropriation collective de la démarche par les chercheurs du département.

Je voudrais terminer en soulignant l'énorme mérite de ces chercheurs qui, tout en ayant largement investi ces dernières années pour s'approprier les nouvelles stratégies et outils de génomique et les mettre à profit d'enjeux appliqués pour l'agriculture, sont particulièrement réceptifs vis-à-vis de l'évolution des missions du département et leur déclinaison pour des champs d'application beaucoup plus larges que ceux de l'amélioration des plantes.

Je suis très contente aujourd'hui que de nombreux acteurs du département soient dans la salle. Je crois sincèrement que leur présence témoigne de l'ouverture du département et tiens à les remercier. Leur accompagnement permanent dans cette aventure constitue la seule garantie de son succès.

Discussion

Question : Y. Hervé a identifié l'amélioration de plantes comme le cœur de métier du département GAP. Dans son intervention, M. Lefort a positionné la génétique comme élément central des activités de GAP. Que faut-il en penser ?

M. Lefort : Dans mon intervention, j'ai parlé de la génétique en tant que cœur "disciplinaire", avec des spécialisations dans les domaines de la génétique moléculaire, de la génétique quantitative et de la génétique des populations. J'ai aussi souhaité évoquer le fait que les développements appliqués dépassaient le cadre de l'amélioration des plantes, telle qu'elle avait été travaillée jusqu'à présent, pour intégrer les étapes en amont (la gestion des ressources génétiques) et en aval (les impacts des innovations) de l'amélioration.

Question : L'activité de sélection à l'INRA a une mission essentielle de formation. L'INRA doit être parcouru par un flux de gens qui vont en sortir avec une pratique, et une pratique à un niveau élevé, c'est-à-dire un niveau de doctorat, qui les autonomisera. Il faut que vous donniez une place importante à cette notion de formation, sans quoi où les sélectionneurs vont-ils apprendre la sélection ?

M. Lefort : Je suis totalement d'accord avec vous. Je n'ai pas repris dans l'exposé l'ensemble des activités du département. Je vous ai montré, à partir des quatre volets, les questions qui sont aujourd'hui posées par rapport aux évolutions engagées. Il est clair pour tous que l'activité de formation est un point extrêmement important des activités du département, tant par la contribution à l'enseignement académique que par l'accueil et la formation de chercheurs ou de sélectionneurs à former sur des outils, des méthodes et des concepts. Pour mémoire, en 2001, les chercheurs du département ont dispensé plus de 1 600 heures d'enseignement dans les grandes écoles et les Universités, en France (90%) et à l'étranger (10%). Ces enseignements ont été réalisés dans le cadre de formations académiques (2e et 3e cycles) ou continues. Par ailleurs, en 2001, ont été accueillis 120 jeunes chercheurs, pour moitié des doctorants et pour moitié des post-doctorants. Au-delà des formations doctorales et post-doctorales, la création de plates-formes d'innovation variétale présentées dans mon exposé doit contribuer à la formation continue des professionnels.

Question : J'ai l'impression que dans le discours, le mot Europe était plus subi que considéré comme un élément important du dispositif. Il a été dit : "Ça se fera avec l'Europe", mais l'Europe ne semble pas avoir été prise en considération dans les hypothèses telles qu'elles étaient présentées.

M. Lefort : En aucun cas, je ne pense avoir occulté l'Europe dans la façon de mener à bien les évolutions des activités du département. Je pense que les stratégies européennes ont été largement prises en compte dans le choix des espèces retenues tant au niveau des investissements en génomique, que dans les programmes d'innovation variétale. Dans le premier cas, le choix du blé pour la

génomique des monocotylédones est lié au fait que les Allemands sont extrêmement compétitifs sur l'orge, modèle diploïde pourtant beaucoup plus simple que le blé. Dans le second cas, la réflexion sur l'innovation a tenu compte de la compétitivité des équipes françaises par rapport aux équipes européennes sur les espèces et cibles d'innovation. Enfin, j'ai montré la nécessité et la difficulté actuelle d'une collaboration européenne en matière de ressources génétiques.

Les perspectives de l'amélioration des plantes vues par les acteurs et les utilisateurs

Table ronde

Cette table ronde, animée par le journaliste Vincent Tardieu, a réuni :
- Olivier Androt : directeur scientifique de l'association de consommateurs CLCV (Consommation, logement et cadre de vie), membre du Conseil d'administration de l'INRA,
- Daniel Bracquard : directeur du groupe industriel Bonduelle,
- François Desprez : directeur de l'entreprise semencière Florimont-Desprez,
- Yves François : agriculteur en Isère, producteur de céréales et de semences de maïs, de blé et d'orge,
- Claude Grand : directeur scientifique de l'entreprise RAGT Génétique,
- Philippe Guerche : directeur de la station INRA de Génétique et amélioration des plantes de Versailles,
- Paul Vialle : président du Comité technique permanent de la sélection végétale (CTPS), président de l'AFSSA, précédemment directeur général de l'INRA et président fondateur de Génoplante.

V. Tardieu : On l'a vu : l'INRA redéfinit ses missions et ses priorités, abandonne la production de lignées commerciales ; le contexte évolue, avec notamment la part croissante des groupes de dimension internationale sur le marché des semences... Dans l'imbrication, étroite et ancienne, entre secteurs privé et public, comment se redistribuent les rôles aujourd'hui ? Quel peut être celui de l'INRA ? C'est la question que j'ai posée, pour préparer cette table ronde, à ses participants. Je vous livre, pour amorcer la discussion, quelques bribes de leurs réponses.

Ce rôle serait-il de réaliser les recherches que le secteur semencier privé ne peut pas prendre en charge ? Parce que, m'a-t-on expliqué, "On dépense déjà 25% de notre chiffre d'affaires en R&D, et on ne peut pas aller au-delà". Ou bien parce que "On n'a ni les compétences ni les moyens de conduire certains travaux en aval, comme par exemple tester la digestibilité de nos lignées sur l'animal". Ce rôle serait-il de répondre aux besoins des industriels de l'agro-alimentaire, en améliorant par exemple la qualité des plantes maraîchères ? En tout cas, ces souhaits des sociétés privées ne paraissent pas forcément en adéquation avec les priorités affichées par l'INRA.

En contrepoint, Philippe Guerche me disait : "Cela m'ennuie qu'à l'INRA on ait un peu l'impression que dans certains montages la recherche publique se retrouve finalement, non pas à financer le privé, mais à servir de marchepied à la création de start-up et de PME-PMI. Est-ce vraiment notre rôle ?". Cette interrogation rejoint celle de pas mal de chercheurs.

Je vais demander aux participants de cette table ronde de préciser, s'ils le souhaitent, les raisons de leur présence ici et, surtout, de nous dire ce qu'ils attendent de l'INRA.

F. Desprez : L'entreprise d'amélioration des plantes que je dirige a été créée en 1830, et ma famille en vit depuis six générations. C'est une entreprise indépendante, qui n'a pas été rachetée par Monsanto, DuPont, Syngenta, Bayer ou BASF... Si nous sommes encore indépendants, c'est parce que nous avons toujours eu dans l'entreprise des sélectionneurs de terrain, des ingénieurs agronomes qui ont créé de bonnes variétés, mais aussi parce que nous avons bénéficié de travaux et de partenariats avec l'INRA, depuis le Club des Cinq des obtenteurs de blé jusqu'à Génoplante.

Contrairement à ce que suggère votre introduction, nous n'attendons pas de l'INRA le salut de notre entreprise, ni qu'il pallie nos carences, nos déficiences en matière de recherche. Cependant, on l'a bien vu durant ce colloque, il s'est produit simultanément deux "éclatements" en amont et en aval de notre métier de sélectionneur de plantes entières : en amont, une spécialisation des connaissances ; en aval, une segmentation de nos marchés entre différents types d'agricultures (de l'agriculture biologique à l'agriculture raisonnée mais encore intensive) et diverses utilisations, alimentaires ou non, des produits. Entre ces deux éclatements, le sélectionneur, qu'il travaille dans le privé ou dans une station

INRA, n'a plus la science infuse et a besoin des autres. Ce que j'attends de l'INRA, c'est de pouvoir bénéficier de son expertise en matière de génomique végétale. J'attends aussi qu'il soit le fédérateur de projets : sans l'INRA, un certain nombre de partenaires privés ne se seraient pas associés dans Génoplante, car ils sont partenaires avec l'INRA mais aussi concurrents entre eux. Nous attendons enfin que l'INRA nous éveille à des préoccupations d'ordre environnemental ou sociologique. Voilà ce que nous attendons de l'INRA, dans un partenariat loyal et équilibré.

C. Grand : Je rappellerai que RAGT participe à de nombreuses collaborations avec le département GAP, sous diverses formes : à travers des GIE, via Biogemma et Génoplante, par des programmes en bilatéral... C'est une longue histoire qui, je l'espère, n'est pas près de se terminer.

Je partage le point de vue exprimé par F. Desprez. J'ajouterai que si je trouve intéressant de participer à une réflexion sur les orientations de l'INRA et en particulier du département GAP, je respecte totalement l'autonomie de l'INRA. L'INRA est complètement responsable de sa politique de développement, de ses orientations, et je ne prétends pas, en tant que représentant d'une PME semencière, pouvoir intervenir dans ces discussions. Je crois qu'il faut que ce soit clairement dit, et clairement perçu comme ne nous posant pas de problème. Quand j'écoute Bertrand Hervieu et Marianne Lefort, personnellement je m'y retrouve assez bien, à quelques nuances près bien sûr.

En tant que représentant d'une PME européenne, je voudrais souligner quelques points qui me paraissent importants. Le premier est que, aussi bien semenciers que chercheurs de l'amélioration des plantes, nous faisons un métier qui a une complète légitimité et représente une grande responsabilité. J'en suis en tout cas convaincu, et j'espère que les chercheurs de l'INRA le sont aussi. Nous avons collectivement, chacun avec ses spécificités, la responsabilité – c'est une sacrée mission ! – d'introduire de l'innovation technologique pour répondre aux attentes des agriculteurs. Et aujourd'hui – on l'a évoqué mais il faut y insister – la dimension est européenne. Nous avons donc à répondre aux attentes de l'agriculture européenne. Je n'ai pas entendu, durant ces deux jours, une seule référence à sa fragilité. Pourtant, l'agriculture européenne, aujourd'hui, est fragile. Et elle a des spécificités : par exemple, le maïs fourrage, le maïs précoce... Soyons clairs : si l'Europe veut conserver ces productions demain, elle doit s'en occuper. Personne ne le fera à notre place. On pourrait décliner ainsi bien d'autres spécificités.

Deuxième point : la structuration du milieu semencier en Europe. On entend beaucoup parler des grosses structures multinationales, qui consacrent certes des sommes importantes à leur communication. Mais la réalité sur le terrain, c'est qu'aujourd'hui les PME européennes sont majoritaires sur le marché semencier européen, pour la majorité des espèces cultivées. Mais une PME, c'est fragile. Nous investissons déjà massivement en recherche, nous ne pouvons guère faire plus, et nous avons besoin de nous adosser, nous appuyer, sur une recherche publique. Or en Europe, la recherche publique en amélioration des plantes, c'est le département GAP de l'INRA. Vous comprenez alors que toutes les évolutions et les réflexions qui s'y passent nous intéressent, et que nous les suivons plutôt de près.

Cela dit, qu'attendons-nous du département GAP ? Qu'il soit expert, compétent sur l'innovation. Oui, il faut faire de la génomique, de la recherche fondamentale, de la recherche amont, travailler sur des espèces modèles. Mais l'INRA n'est pas le CNRS. Ce qui différencie un chercheur de GAP d'un chercheur du CNRS, c'est qu'il doit être en situation de pouvoir démontrer que les recherches se traduisent concrètement dans des applications pour l'agriculture européenne. Cela suppose aussi des moyens et des organisations.

VT : Je voudrais connaître le point de vue du producteur de semences. Yves François, qu'attendez-vous de l'INRA ? Vous y retrouvez-vous dans le tournant indiqué par l'INRA ?

Y. François : Je suis agriculteur... et donc aussi, à cette table, celui pour qui la science choisit ce qui est le mieux. Je le dis de façon un peu ironique, car je pense que nous avons aussi des propositions techniques à faire, mais sans oublier les aspects éthiques, car je crois que si on les oublie, on risque, si ce n'est déjà fait, de se réveiller avec une bonne gueule de bois.

Est-ce que je me retrouve dans les évolutions annoncées par l'INRA ? Dans une certaine mesure, oui. Je reprendrai ce qu'a dit B. Hervieu : dans un contexte de surproduction, l'accroissement des

rendements n'a plus de sens. Dire cela ne résout évidemment pas tous les problèmes. Je reprendrai aussi une phrase entendue ce matin : la recherche fondamentale ne doit pas être uniquement pilotée par la valorisation. Je crois que l'INRA est vraiment un organisme qui peut croiser différentes approches de recherche – approches technique, scientifique, mais aussi sociologique, voire éthique –, ce que ne peuvent pas faire d'autres structures. Et il est à mon avis très important d'avoir ces différentes dimensions comme postulat de départ. Sinon, on peut mettre toute la technique que l'on veut, on va à la catastrophe – on l'a vu dans certains domaines.

Plus précisément, je m'intéresse à l'agriculture raisonnée, que je pratique sur mon exploitation depuis huit ou dix ans. Et je demande à l'INRA de faire tout ce qu'il peut pour nous aider à aller le plus vite et le plus loin possible dans cette démarche. Nous aider à réduire les intrants, mettre à notre disposition des plantes résistantes aux maladies, travailler aussi sur la microbiologie des sols. Il est bien d'étudier la plante elle-même, mais il me semble que le milieu dans lequel elle vit est aussi très important. Or je n'ai pas l'impression que l'on ait mis autant de moyens de recherche sur la microbiologie des sols et son effet sur la vie de la plante, que sur la défense de la plante elle-même. Voilà le genre d'orientation que j'aimerais bien voir prendre à l'INRA.

VT : Donc la génomique, oui, mais n'oublions pas l'agronomie traditionnelle. Cela rejoint ce que vous me disiez, Monsieur Bracquard.

D. Bracquard : Je commencerai par rappeler que Bonduelle est un leader européen du secteur des légumes transformés, en conserve, surgelés et frais ; et que la France elle-même, et la Communauté européenne, sont exportatrices net de légumes transformés.

Quels sont nos besoins et nos attentes vis-à-vis de l'INRA ? L'INRA a abandonné la production de lignées commerciales au profit du secteur privé, mais ce secteur marchand en lui-même ne peut pas résoudre tous les problèmes. Quelles sont les difficultés que nous rencontrons ? Nos activités sont réparties sur une cinquantaine de légumes différents, et nous produisons dans de nombreux pays. Un exemple : pour le maïs doux, nous dépendons à 100% des Etats-Unis, puisque les deux ou trois obtenteurs mondiaux sont américains. Autre exemple : le matériel semencier dont nous disposons aujourd'hui en Europe n'est pas adapté à certaines régions de Russie, ni bien sûr à l'Amérique du Sud. Mais nous n'avons pas la taille suffisante pour intéresser des entreprises à la résolution de ces problèmes. Je crois qu'il pourrait être de la responsabilité de l'INRA d'aider les entreprises françaises et européennes à maintenir ou à conquérir des positions commerciales.

Deuxième point. J'ai connu l'INRA il y a 30 ans. A l'époque, l'INRA était dans les champs, et je regrette énormément qu'aujourd'hui il n'y soit plus, qu'il ne sache plus ce qui se passe dans le monde agricole, qu'il ne connaisse plus ses besoins.

Enfin, je m'étonne que ce colloque soit très INRA qu'il n'y ait pas un seul étranger, pratiquement pas de journalistes. Peut-être l'avez-vous souhaité ainsi, mais c'est un peu dommage.

VT : Je vais passer la parole à Paul Vialle pour qu'il nous explique quel est le rôle des centres techniques dans l'amélioration des plantes.

P. Vialle : Il n'est pas tout de produire des variétés, encore faut-il pouvoir les commercialiser. En Europe, cette commercialisation nécessite de les inscrire dans les catalogues européens. Les obtenteurs peuvent demander cette inscription dans n'importe quel pays – nous sommes donc dans un cadre concurrentiel. En France, l'organisme chargé d'instruire les dossiers, et de proposer l'inscription au ministère, est le Comité technique permanent de la sélection végétale (CTPS). Il est divisé en 14 sections, par grands groupes de plantes. Il mobilise, à temps partiel, 500 ou 800 experts, appartenant aux secteurs public et privé. C'est donc un système énorme. Pour déterminer si l'on propose une variété à l'inscription, on vérifie si elle est bien différente des autres, à peu près stable, etc. Ces évaluations nécessitent tout un dispositif de parcelles d'essais, et un travail extrêmement lourd, qui est effectué par un organisme qui dépend de l'INRA, le GEVES.

Qu'attendons-nous de l'INRA ? Dans le système semencier, on était un peu entre professionnels, semenciers et agriculteurs, et on se préoccupait surtout de l'intérêt économique des variétés. Mais

beaucoup d'autres objectifs peuvent être injectés, via la semence : des préoccupations en matière d'environnement, de qualité des produits, de sécurité des consommateurs... Tous ces nouveaux critères doivent être pris en compte au niveau de la proposition d'inscription, et donc de tout le système d'évaluation. Et là, nous avons besoin d'un appui scientifique. Prenons l'exemple de l'évaluation de la résistance à la fusariose d'un blé, caractère qui a des conséquences sur la santé humaine, puisque le *Fusarium* produit des mycotoxines. Il faut vérifier l'efficacité de la résistance, mais aussi sa durabilité. Là, nous avons besoin de critères pour évaluer si une résistance sera contournée en quelques années ou s'il s'agit d'une résistance durable. Pour tous ces aspects, qui ont une dimension de politiques publiques, nous avons besoin d'un appui de l'INRA.

En tant que président de l'AFSSA, j'ai été confronté récemment à quelques dossiers sensibles, notamment celui des importations de viande bovine anglaise. J'ai été surpris des réactions de l'opinion publique face aux avis qui ont été rendus. Si les avis de l'AFSSA ont été suivis, c'est que trois éléments étaient réunis : la compétence scientifique, la transparence, l'absence de conflit d'intérêt. Ces qualités, la recherche publique les offre, et c'est reconnu. Une précision concernant le traitement de la question de conflit d'intérêt : à l'AFSSA, tout expert fait une déclaration d'intérêt et ces déclarations sont rendues publiques.

VT : Les choses ne sont pas aussi simples et limpides que vous semblez l'indiquer. Au-delà de la question des conflits d'intérêt personnels des chercheurs, se pose tout de même celle des modes de financement de la recherche publique. Ils amènent parfois à s'interroger sur l'objectivité de certaines recherches, ou en tout cas sur les présupposés des programmes.

Olivier Androt, vous avez intégré le Conseil d'administration de l'INRA, en tant que représentant du CLCV. Ce genre d'initiative est assez unique me semble-t-il, parmi les organismes de recherche, pour être salué. Mais qu'y faites-vous ? Etes-vous l'association alibi, ou mieux que cela ?

O. Androt : C'est une bonne question. Le contexte est que les consommateurs ont développé une certaine méfiance vis-à-vis de l'industrie agro-alimentaire, vis-à-vis des produits qu'ils achètent et consomment. Je pense qu'il est nécessaire de restaurer la confiance, et l'un des moyens d'y parvenir, c'est le dialogue. Le Conseil d'administration de l'INRA est un moyen, parmi d'autres, de favoriser cette consultation. C'est l'un des éléments importants que j'attends de l'INRA.

On a parlé de la qualité, et je crois que la question des qualités des produits végétaux non transformés, par exemple, est importante. Je la replacerai dans une problématique plus générale, de santé publique. Vous avez entendu parler du Programme National Nutrition Santé, qui est la politique nutritionnelle française, développée récemment. Ce PNNS s'est illustré par exemple par ces publicités incitant à consommer plus de fruits et de légumes, et par la publication d'un guide pour une meilleure nutrition. Sur le plan nutritionnel, les productions végétales ont un impact positif clair. Mais encore faut-il que les produits aient les qualités requises pour rencontrer les attentes des consommateurs. Or on constate que certains fruits et légumes sont moins achetés. Pourquoi ? Parce qu'ils se trouvent maintenant en concurrence avec des produits transformés par les industries agro-alimentaires (IAA), produits dont certaines qualités ont été beaucoup améliorées : la praticité à travers l'emballage, l'absence de préparation préalable, la conservation, mais aussi le choix, le goût, la texture... Sur tous ces axes, il y a matière à progresser au niveau des productions végétales, pour rendre les produits plus attrayants. Améliorer le goût, la texture, la praticité... J'exclurais peut-être les qualités nutritionnelles, car je pense que c'est plutôt en aval, au niveau des IAA, que des améliorations sont envisageables. Mais j'ajouterais la question des allergies, qui semble un peu anecdotique pour le moment, mais qui, à mon avis, ne va pas le rester, car on observe la multiplication des allergies chez les consommateurs.

Au niveau des produits végétaux, je crois qu'il ne faudrait surtout pas s'écarter trop de leurs atouts traditionnels, des qualités perçues de naturalité et de simplicité. Il faut éviter de faire des gadgets. Récemment, les médias ont parlé de la découverte de cette enzyme des pelures d'oignon qui fait pleurer, et de la proposition de créer un oignon génétiquement modifié qui ne ferait plus pleurer. Je ne suis pas sûr que l'idée soit très pertinente ; il y a un aspect un peu gadget. Je crois qu'il faut qu'une innovation ait une utilité réelle, réponde à une véritable attente. Chaque produit a sa niche et ses qualités, qu'il faut respecter. Il faut éviter un côté trop manipulatoire. Et en ce qui concerne les OGM,

puisqu'il faut bien en parler, notre association n'est pas opposée *a priori* à leur utilisation dans l'alimentation. Cela dit, nous représentons une large palette de consommateurs, notamment les 80% de consommateurs européens qui, sans être forcément opposés aux OGM, expriment de fortes réserves quant à leur utilisation dans l'alimentation. Il faut en tenir compte et il faut dialoguer.

Je reviens aussi sur l'aspect environnemental, qui me semble très important. Le consommateur en est maintenant clairement conscient et se sent "co-responsable", lors de son acte d'achat, de certaines conséquences négatives de l'agriculture sur l'environnement. Il est important que la recherche puisse contribuer à diminuer ces impacts négatifs à travers la diminution des intrants (engrais, pesticides, eau d'irrigation...) et une meilleure adaptation des productions au climat et au terroir.

Dernier point : la communication. Il faut que tous les consommateurs puissent comprendre de quoi on parle, quels sont les bénéfices, les inconvénients, les risques. Sur ce plan, les scientifiques en général ont peut-être des progrès à faire, avec un effort de communication vers parfois une certaine simplicité et un peu plus d'illustrations.

Question : Monsieur Androt pourrait-il préciser un peu ce qu'il entend par "co-responsabilité" du consommateur ?

O. Androt : Le consommateur sait que les aliments qu'il achète sont produits par des exploitations agricoles qui peuvent avoir des impacts environnementaux négatifs. Il suffit d'allumer la télévision, d'ouvrir son journal, pour entendre parler de nitrates, de pesticides, etc. On sait que les médias font parfois un traitement assez particulier de ces informations, mais il existe clairement un problème. Le consommateur prend conscience de sa part de responsabilité, qu'il aimerait pouvoir exercer par ses choix. D'où l'importance de l'étiquetage. C'est pourquoi on voit fleurir divers logos, qui permettent d'alléguer une meilleure responsabilité environnementale : agriculture biologique bien sûr, mais aussi maintenant agricultures raisonnée, intégrée, durable. On peut d'ailleurs s'interroger sur cette diversité. Cette préoccupation du consommateur est à replacer dans un contexte plus large, qui se traduit par le développement du commerce éthique, du commerce équitable, etc. Je crois que le consommateur veut de plus en plus être traité en adulte, comme un acteur à part entière, et donc être consulté, avoir le choix.

C. Tabel (RAGT) **:** C'est effectivement intéressant et je cerne mieux ce que vous entendez par co-responsabilité. Mais sentez-vous, dans vos discussions avec les consommateurs, une volonté éventuelle de payer – je serai un peu provocateur – le juste prix du service environnemental qu'ils demandent ?

O. Androt : Je crois que la réponse est "oui", sachant qu'il faut être raisonnable. Le prix du panier de la ménagère en francs constants a baissé depuis la fin de la guerre. Je ne défendrai pas l'augmentation des prix des produits alimentaires, mais il faut être réaliste.

V.T. : Je relève que O. Androt a prononcé le mot "OGM", que l'on n'entend plus guère aujourd'hui, où l'on nous parle de génomique, mais surtout plus de transgenèse ni d'OGM. Or il suffit de se promener un peu dans quelques laboratoires pour entendre la plupart des chercheurs qui travaillent dans le domaine rouspéter contre cet embargo de fait qui existe en Europe – dû largement à la France d'ailleurs. On peut au passage les rassurer : la Commission européenne est en train de faire le forcing pour la reprise des essais OGM.

Philippe Guerche, entre toutes les préoccupations qui ont été citées (sécurité des aliments, qualités nutritionnelles et organoleptiques, environnement...), et les avertissements contre l'excès de génomique et l'oubli des recherches agronomiques traditionnelles, n'y a-t-il pas un jeu de grand écart dans lequel les chercheurs de l'INRA risquent de se perdre ?

P. Guerche : C'est exactement ce que je voulais dire. Je suis relativement d'accord, à titre personnel, avec la plupart des attentes et propositions qui ont été formulées. Et nous aimerions sans doute pouvoir tout faire, travailler sur toutes les espèces, y compris les moins rentables. Mais nos moyens sont limités et ne le permettent pas. Je suis assez d'accord avec C. Grand lorsqu'il dit que l'INRA se doit de

démontrer qu'une innovation peut être utile à l'agriculture. L'INRA a décidé de recentrer un peu ses recherches sur le domaine plus fondamental et de réduire son investissement dans la création variétale, et certains peuvent le regretter. Personnellement, de par mon cursus, je suis particulièrement sensible à la remise en cause des biotechnologies. J'ai en effet été recruté dans les années 80 sur des projets très biotechnologiques ; c'était l'époque où nous avions vraiment envie de faire des choses intéressantes et qui nous paraissaient bien pour le consommateur, l'environnement, etc. Elles me paraissent d'ailleurs toujours assez bien, et je ne comprends pas toutes les critiques que je lis dans les médias à l'heure actuelle. Ces sujets ont été abandonnés – des chercheurs disent "liquidés" – au sein de l'INRA mais aussi de l'Europe. On ne peut que le regretter. Je pense que nous pourrons revenir sur cette attitude tranchée : les nombreuses recherches faites en génomique devraient permettre de comprendre la fonction d'un certain nombre de gènes intervenant dans des caractères bénéfiques pour l'environnement, l'alimentation ou encore la santé. Bon nombre de ces connaissances pourront être valorisées à travers l'innovation par le biais de technologies plus conventionnelles que les OGM, susceptibles d'être mieux acceptées par l'ensemble des acteurs, le secteur privé qui valorisera ces recherches, et les consommateurs. Cette première étape, qui permettra de mieux communiquer avec le public sur l'intérêt de la génomique et du développement des biotechnologies, devrait faciliter à terme l'introduction des variétés OGM, dès lors que celles-ci procurent à la société une réelle plus value par rapport aux technologies conventionnelles. Ces travaux sont coûteux et, aujourd'hui, on ne peut répondre aux attentes de l'ensemble des partenaires avec les moyens dont nous disposons. Il faut donc choisir un certain nombre d'options, car je ne suis pas certain que les contribuables soient prêts à accroître massivement le budget de la recherche publique.

P. Vialle : De nombreuses attentes ont été exprimées, y compris par moi-même, autour de cette table. Le département GAP n'est pas seul à pouvoir y répondre. Sur des questions d'environnement, de qualité des produits, etc., bien d'autres départements de l'INRA peuvent répondre, mais aussi d'autres organismes de recherche publique, les instituts techniques... Parmi les multiples demandes formulées, certaines se porteront finalement sur la semence, et la génétique est donc déterminante, mais des solutions peuvent venir d'autres canaux. Sur la durabilité des résistances par exemple, ce n'est pas nécessairement à la génétique de répondre. Je crois que ces demandes globales sont à adresser à de nombreux acteurs, et que beaucoup de réponses sont possibles.

Second point : il faut que chacun ne se contente pas de renvoyer à la recherche publique des problèmes, mais sache qu'il peut avoir un rôle à jouer, notamment dans la prescription. Monsieur Bracquard a évoqué la prise de distance de l'INRA par rapport à l'agriculture. Je voudrais faire part d'une petite anecdote. J'ai eu l'an dernier l'occasion de visiter des conserveries de haricots, dans le Sud-Ouest de la France. Il m'a été dit que deux qualités étaient demandées, le haricot vert et le haricot jaune, et qu'en dehors de cela, on n'avait finalement pas besoin de grand chose en génétique. Ce diagnostic d'un industriel est-il juste ? En tout cas, les prescriptions des utilisateurs orientent l'ensemble du travail des professionnels de l'amélioration des plantes.

D. Bracquard : Il est tout de même réducteur de ne parler que du haricot vert. Dans le passé, certains d'entre vous ou des Américains ont travaillé sur les facilités de récolte, l'aptitude à la transformation, la texture, la présence de filets, l'aptitude à l'éboutage, les saveurs... Beaucoup de ces problèmes ne sont pas résolus aujourd'hui. Aucune des 20 ou 30 variétés que proposent actuellement les obtenteurs, ne présentent d'améliorations considérables sur les différents critères que j'ai cités.

J'ajouterai que la proximité avec le monde rural, c'est aussi l'aménagement du territoire. Beaucoup de régions y réfléchissent dans le cadre de la décentralisation. Des milieux socioprofessionnels entiers se demandent ce qu'ils vont faire de leur territoire. Là, il y a vraiment un vide, aucune autorité pour avancer des propositions. Or je crois que l'INRA est une autorité qui pourrait avoir un point de vue sur l'aménagement futur du territoire, sous l'angle agricole ou agro-alimentaire.

Y. François : Je suis complètement d'accord avec P. Vialle sur la nécessité de réponses diverses et complémentaires aux questions, en précisant que c'est le travail en partenariat croisé qu'il nous faut vraiment développer. Chaque discipline ne détient évidemment qu'un fragment de solution et c'est en les réunissant que l'on pourra trouver des solutions à des problèmes larges. C'est très important.

Je partage aussi cette préoccupation concernant la valorisation du territoire ; je parlerais même de valorisation du patrimoine rural. C'est une question qui est en train de monter en puissance. Je pense que l'aide apportée par l'INRA aux agriculteurs pour aller vers une agriculture raisonnée, mettre moins d'intrants et ainsi mieux préserver les ressources naturelles, va dans le bon sens. Il faut aussi prendre quelques précautions, et différencier les industries agro-alimentaires et les producteurs agricoles, qui n'ont pas toujours la même façon de voir les choses, ni les mêmes intérêts. Il faut donc être un peu prudent, car on risque de se tromper si on mélange tout.

V.T. : Dans les lignes programmatiques qui ont été énoncées, répondez-vous aussi au défi international ? Plusieurs personnes l'ont souligné : on n'est plus, si on l'a été un jour, dans le cadre de marchés nationaux. On voit bien, en génomique, que le séquençage des génomes ne peut être réalisé par un seul pays. Bref, on est dans un cadre international. Je m'interroge : un institut comme l'INRA se positionne-t-il correctement dans cette dimension internationale ?

M. Lefort (INRA, GAP) **:** Je pense que nous devons différencier les activités dont la vocation première est l'acquisition de connaissances sur des espèces modèles et cultivées de celles qui ont une finalité plus directe-ment appliquée. Dans le premier cas, je mets en avant les travaux conduits sur la connaissance et les méthodologies d'exploitation de la diversité génétique, ainsi que ceux relatifs aux déterminants génétiques et moléculaires de caractères d'intérêt agronomique. Il me semble que, dans ces cas, la collaboration académique internationale est largement prise en compte ; pour ce qui touche aux développements de génomique, j'ai insisté sur la nécessité d'inscrire nos activités dans des consortiums internationaux (citons, par exemple, les efforts faits pour les espèces phares que constituent le blé, la tomate et la vigne, outre les modèles *Arabidopsis thaliana* et *Medicago truncatula*). Dans le second cas, lié notamment à l'innovation variétale, il est clair que les perspectives sont d'abord européennes en vue de contribuer au maintien d'une agriculture mondiale multipolaire, dans le cadre d'une politique agricole commune plus forte. Dans ce contexte, l'enjeu stratégique que peuvent représenter les protéagineux au sein de systèmes "céréales-protéagineux" pour contrebalancer le couple "maïs-soja", nous a conduit à mettre un accent fort sur l'amélioration du potentiel de productivité du pois.

M. Guillou : Je voudrais apporter quelques éléments factuels sur la place et le rôle de l'INRA car, dans ce débat, c'est l'ensemble des missions de notre Institut qui est abordé à travers l'amélioration des plantes.

Premier point : la répartition des forces scientifiques de l'INRA. Elles se répartissent en quatre quarts : environ 25% des chercheurs et ingénieurs travaillent en environnement, 25% travaillent sur les techniques de production, 25% sur l'alimentation, et 25% sur les outils génériques communs, dans lesquels j'inclus les sciences humaines et sociales.

Deuxième point : l'INRA est financé à 83% par les pouvoirs publics. On nous dit que nous sommes dominés par le privé. Nous sommes contents de travailler avec le privé : il est compétent, il sait ce qu'est l'innovation, il nous apprend des choses. Mais il faut savoir que le privé ne fournit que 3% de nos ressources financières. Et je pense que beaucoup de chercheurs pourraient témoigner du fait que le mode de financement d'un contrat de recherche n'en oriente pas les conclusions.

Troisième élément : l'expertise. Quand ils participent à une expertise, les chercheurs de l'INRA le font à titre individuel ; ils sont sollicités pour leur compétence. Ils font des déclarations d'intérêt, signalent avec qui ils ont des contrats. Je ne crois pas que le fait que des chercheurs aient eu des contrats avec telle ou telle entreprise fausse le jugement collectif, dans un groupe pluridisciplinaire et contradictoire. D'ailleurs, si l'AFSSA fait si volontiers appel aux chercheurs de l'INRA (ils représentent 27% des experts mobilisés par l'Agence), c'est sans doute que son président en est convaincu.

Un mot à propos du contact avec le monde agricole, question sur laquelle nous reviendrons dans les interventions finales, je crois : ce n'est pas parce que nous avons à répondre aux questions de la société tout entière que nous oublions le monde agricole.

Le défi international, enfin. Oui, nous sommes plongés dans un monde international car la science l'est, par définition. Nous le sommes aussi dans la recherche des spécificités. Nous sommes obligés,

aussi bien du point de vue scientifique que socio-économique, d'intégrer cette dimension. Pourquoi l'INRA doit-il travailler sur les protéagineux ? C'est bien une analyse du contexte international qui nous fait dire que GAP doit s'intéresser de manière particulière aux protéagineux.

Intervention de la salle : Je voulais revenir sur les relations contractuelles entre public et privé, et sur la valorisation, questions longuement évoquées durant les deux jours. En tant que membre du secteur privé, si j'ai envie de faire quelque chose et que l'INRA ne partage pas mon avis, je vais le faire tout seul.

A propos des contrats et de la valorisation, on dit tout et n'importe quoi. Ce que nous venons chercher auprès de l'INRA, et plus généralement des partenaires publics, c'est d'être stimulés. C'est un transfert d'expertise et de compétence, du dialogue. Effectivement, au cas par cas, lorsque nous sommes amenés à discuter un contrat, en fonction de l'apport des uns et des autres, nous allons essayer – R. Dumas de Vaulx l'exprimait clairement – de verrouiller le système de façon à ce que chacun y retrouve ses billes. Lorsqu'on investit dans un programme, il est normal d'en retirer un avantage concurrentiel à un moment donné. Mais ne nous trompons pas : ce n'est pas ce que nous venons chercher en priorité. L'essentiel, ce sont les échanges, la confrontation à des idées, la possibilité de "coller" en permanence à l'innovation, au progrès. Ensuite, en fonction de l'ampleur et des caractéristiques du programme, on trouvera des formules différentes – il n'y a pas de règle absolue.

On dit souvent que l'INRA ne doit plus faire d'obtention variétale parce que cela contrarie les intérêts du secteur privé. Je ne partage pas cet avis. Si une équipe scientifique a identifié une possibilité d'innovation, il est intéressant d'en démontrer la pertinence et l'intérêt. Et la meilleure façon de le faire, c'est d'aller jusqu'au bout et donc de fournir un produit à l'agriculteur. C'est aussi, pour moi, de la responsabilité de l'INRA.

Dernier point : ce que nous venons aussi chercher à l'INRA, ce sont les futurs cadres de nos entreprises. L'aspect formation, à travers les collaborations que nous établissons, est capital. Il est évident que si à un moment donné les axes de travail de l'INRA sont décalés par rapport à nos propres préoccupations, nous n'y retrouverons plus notre compte.

Intervention de la salle : J'ai un peu la nostalgie de la façon dont nous travaillions avec l'INRA par le passé : les contrats se décidaient de façon simple, souvent autour d'une table. C'est d'ailleurs là que démarraient beaucoup de projets. Avec les biotechnologies, on a vu l'irruption du monde du brevet, de la propriété intellectuelle. Mais je crois qu'il faut que les privés, dans leur recherche de partenariat avec l'INRA, ne soient pas trop exigeants dans leur volonté d'avoir des assurances sur les retombées possibles de travaux dont les résultats ne sont pas encore acquis. La communauté scientifique est un monde ouvert, et si dans nos partenariats nous mettons des entraves à cette ouverture qu'ont les chercheurs de l'INRA sur l'international, sur l'ensemble de la communauté scientifique, nous perdrons beaucoup de ce que ces collaborations nous ont apporté dans le passé. Pour notre entreprise en tout cas, dans le partenariat avec l'INRA, la propriété intellectuelle est une cerise sur un éventuel gâteau, mais nous cherchons avant tout l'échange, la formation, l'information et l'éveil.

P.H. Gouyon (CNRS, Université Paris Sud) **:** Je ressens un petit malaise. On ne peut qu'éprouver beaucoup de sympathie pour ces témoignages, mais n'est-on pas en train de parler, avec nostalgie, seulement du passé ? Il était bien agréable, pour l'INRA et pour l'ensemble des chercheurs, d'avoir le sentiment de travailler avec un groupe de PME, des petites coopératives... C'était un vrai plaisir de travailler avec ces entreprises, et on savait qu'on oeuvrait pour le bien-être des Français en général, pour l'économie française, etc. Il est clair que les PME, progressivement, ont deux solutions : devenir des grosses boîtes ou se faire absorber par les grosses boîtes. Le schéma sur lequel on continue à penser n'est-il pas obsolète ? Le mot "éthique" a été peu prononcé durant ce colloque. Mais pense-t-on vraiment aujourd'hui qu'on peut contrôler la situation, ou allons-nous de toute façon passer à des gros systèmes extrêmement incontrôlables ? Auquel cas, il est clair que la recherche publique doit se protéger, de façon à ne pas simplement se retrouver otage de ces systèmes. Je pose la question aux représentants des entreprises : avez-vous vraiment confiance dans votre capacité de PME à rester des PME ?

C. Tabel : Je rappelle que le marché des semences, en tout cas sur les grandes cultures, est aujourd'hui équitablement réparti entre PME et multinationales, avec peut-être même un petit avantage aux PME. Nous, c'est quelque chose auquel nous croyons. Vous faites de la recherche et vous croyez dans ce que vous faites ; nous, nous croyons aussi dans ce que nous faisons et nous croyons évidemment que cela a un avenir.

M Pitrat (INRA, GAP) **:** Je voudrais continuer un peu la question de P.H. Gouyon. Les multinationales de la semence vont faire leur marché auprès des différents instituts publics de recherche. Une grosse société va proposer un sujet de recherche à l'INRA, à Cornell, à Davis, etc., et travailler avec le plus offrant. Lorsqu'on a parlé d'internationalisation, je ne suis pas sûr qu'on l'entendait dans ce sens-là. Mais c'est une question qui me préoccupe. Il existe de la compétition entre les différents instituts de recherche publics mondiaux, qui sont mis en concurrence par des multinationales, et éventuellement par des PME.

C. Tabel : On a beaucoup parlé durant ces deux jours de la propriété intellectuelle. J'ai un peu l'impression d'entendre dire que ce sont les enjeux économiques, réels, du secteur privé qui poussent la recherche publique à "faire" de la propriété intellectuelle. Je pense que la recherche publique a aussi des enjeux propres en termes de propriété intellectuelle : il existe une compétition entre laboratoires publics, avec des visées d'applications industrielles, et en raison de la mise en concurrence mentionnée par M. Pitrat.

P.B. Joly (INRA, Economie et sociologierurales) **:** Je voulais intervenir sur la question des PME et des multinationales. Il est clair qu'au cours des cinq ou six dernières années, les choses ont beaucoup bougé, et les firmes multinationales sont de plus en plus présentes dans les secteurs à forte rentabilité. Les travaux menés sur cette question montrent que la question sous-jacente est bien celle des économies d'échelle et de l'appropriation. L'évolution de la place des PME dans le secteur va donc effectivement dépendre du rapport entre le brevet et le COV, ce qui est assez évident. Je vous renvoie aux simulations réalisées par Stéphane Lemarié, concernant les aspects économiques, ainsi que le rôle de la recherche publique, qui sont très claires. Si la recherche publique remonte vers l'amont, les économies d'échelle dans la recherche privée vont augmenter, ce qui induira assez logiquement une modification du secteur. L'INRA a donc là une responsabilité assez directe, puisque ses choix de recherche ont une influence sur la structuration à long terme du secteur.

Intervention de la salle : Je suis assez étonné que l'on ne parle du poids des multinationales qu'à propos des intrants et des biotechnologies. L'agriculture est actuellement soumise à la pression des multinationales de la distribution. C'est un point sur lequel la co-responsabilité des consommateurs a aussi probablement tout lieu de s'exercer. J'ai en tout cas l'impression que l'on diabolise certaines entreprises et pas d'autres.

Intervention de la salle : Je voulais revenir sur la question des ressources génétiques. Des exposés ont mentionné que l'INRA a beaucoup œuvré et investi dans leur conservation et leur gestion, avec le privé d'ailleurs dans bon nombre de cas. Mais le sujet n'a pas été repris lors des débats qui suivaient ces interventions. Je m'interroge. Cela n'intéresse-t-il plus personne ? N'est-ce plus nécessaire ? Peut-on utiliser d'autres sources de gènes ? Si au contraire il est important, pour faire de l'innovation, de conserver des ressources et d'en rassembler de nouvelles, génomiques en particulier, des investissements sur le long terme sont nécessaires. Doivent-ils être pris en charge principalement par le secteur public, et l'INRA en particulier ? Ou bien peut-il y avoir une co-responsabilité régulière avec le secteur privé ? Autre question, à un niveau plus international, concernant l'équilibre entre conservation des ressources et valorisation dans le cadre des biotechnologies : se contente-t-on de développer les technologies, sans trouver des moyens de retransférer un minimum sur la conservation à long terme ?

M. Lefort : La gestion à long terme des ressources génétiques est un problème qui interroge beaucoup d'entre nous, dans le secteur public comme dans le secteur privé. Vouloir restreindre celle-ci à la conservation de gènes apparaît extrêmement réductionniste : les pressions de sélection naturelle et/ou anthropique ont permis de façonner les êtres vivants dans leur complexité et leur diversité, en

éliminant progressivement les individus qui n'étaient pas viables à court ou moyen terme. La diversité aujourd'hui présente et matérialisée sous forme de ressources génétiques est donc un capital précieux rassemblant des blocs de gènes co-adaptés assurant un fonctionnement harmonieux de la plante et de ses descendants ultérieurs, en réponse aux pressions d'un milieu changeant. La réactivité de la plante en réponse au milieu est liée au maintien d'un potentiel évolutif chez celle-ci, par le biais de différentes forces évolutives, dont la mutation. La question qui se pose aujourd'hui est donc de vérifier que les méthodes actuelles de préservation *ex situ* des ressources génétiques permettront de préserver le potentiel évolutif de ces ressources sur le long terme.

Par ailleurs, nous sommes plusieurs à penser que ces ressources génétiques doivent être des biens publics, largement accessibles à l'ensemble de la communauté. Il n'en est pas de même pour les ressources créées pour les besoins des recherches en génomique, dont bon nombre ont peu de sens par rapport à un fonctionnement cohérent de la plante entière. La question de la brevetabilité des gènes éventuellement issus de ces travaux est encore autre chose, qui renvoie à la session du colloque sur ce thème.

Intervenant du CIRAD : Je fais de la génomique et je suis particulièrement attentif aux questions concernant les ressources génétiques et les biotechnologies. Ce sujet a été abordé dans les interventions de M.A. Hermitte et A. Sontot, mais je trouve que la question des rapports Nord-Sud n'a pas été suffisamment traitée. Il est essentiel de ne pas oublier, quand on travaille sur des plantes tempérées, mais qui viennent presque toutes du Sud, que nous sommes regardés par des gens qui ont un sentiment d'iniquité flagrant, et auxquels on pourrait peut-être apporter quelque chose en les impliquant dans la pratique de la recherche, en particulier en génomique. Des actions de formation pourraient contribuer à détendre un peu les débats internationaux sur ce sujet. Je pense à l'exemple des recherches menées à l'université de Cornell par Steve Tanksley ou Suzanne Mc Couch qui travaillent sur le riz ou la tomate dans une chaire d'agriculture internationale. Il est important qu'une structure nationale prenne en compte cette dimension internationale et peut-être l'inscrive dans sa programmation.

P.B. Joly : Je voudrais interroger P. Vialle sur la conception des essais réalisés par le CTPS. On entend dire ici et là que le tri des variétés, lors de ces essais, se fait sur des itinéraires techniques très homogènes. Or l'interaction entre le génotype et le milieu est fondamentale : un génotype peut exprimer plus ou moins ses caractéristiques selon l'itinéraire technique mis en œuvre. J.M. Meynard et d'autres ont bien montré qu'une variété plus résistante valorisera ce caractère et exprimera un potentiel économique tout à fait intéressant avec un itinéraire "bas intrants", et pas avec l'itinéraire classique. Quand on discute avec les acteurs de terrain, il est clair que l'agriculteur a besoin de davantage d'informations, issus des essais de pré-inscription mais aussi d'expérimentations post-inscription, pour mieux valoriser les génotypes par des itinéraires techniques adaptés à son environnement, etc. Quelles sont, au CTPS notamment, les réflexions sur ce problème ?

P. Vialle : Cette question pose plus largement celle de l'influence de la norme ou du processus d'inscription sur l'orientation du système. Je rappellerai d'abord que les variétés sont toujours testées dans plusieurs lieux, pour essayer de gommer un peu l'effet local. Mais derrière une procédure d'inscription, on mesure un certain nombre de points. La procédure ne sera pas identique selon que l'on veut mesurer un rendement, une qualité ou la résistance à un agresseur, car les conditions d'expression de ces caractéristiques ne sont pas forcément les mêmes. Ces procédures d'inscription sont remises à plat régulièrement, et je crois que l'ensemble du CTPS va procéder prochainement à ce réexamen, pour voir notamment comment les divers critères que j'ai déjà énumérés (environnement, etc.) sont pris en compte.

Je voudrais rappeler qu'en 1950, on devait inscrire à peu près 2 variétés par an en liste A ; en 1990, on en inscrivait entre 100 et 120 ; aujourd'hui, 300 à 350 par an. L'offre variétale est donc considérable actuellement ; c'est un point que je voulais souligner.

Les essais liés à cette inscription de plus de 300 variétés nouvelles par an (qui signifie que les génotypes testés ont été beaucoup plus nombreux, puisque toutes les variétés proposées ne sont pas inscrites) génère une masse fantastique de données, non génomiques, sur les qualités de toutes ces variétés. Cette masse de données doit permettre, me semble-t-il, de réaliser des modélisations, des prédictions de comportement et donc de dire, par delà trois ou quatre essais, plus généralement dans

quelle région, sur quel créneau, etc., une variété peut être intéressante. Je ne sais pas s'il s'agit de recherche amont ou aval, mais je dis que c'est déterminant. L'INRA peut certainement faire beaucoup à partir des données disponibles. Cette masse de données ne peut-elle être utilisée, par la recherche publique par exemple, pour aider à mieux orienter le système, à le cibler ? Par exemple en donnant en amont, aux obtenteurs, des indications sur les caractères ou les paramètres qui apparaissent significatifs. Cela aiderait à piloter tout le système qui, de lui-même, est actuellement en train d'évoluer fortement sur ces critères.

Je voudrais vraiment insister : les voies de salut ne passent pas uniquement par la génomique – je le dis en tant que président fondateur de Génoplante. Bien d'autres approches sont possibles.

P. Cruiziat (INRA, Environnement & agronomie) : Le but du département GAP, en particulier, est de produire des nouvelles variétés qui répondent mieux que les anciennes à un certain nombre de besoins industriels, agronomiques, phytosanitaires, pharmaceutiques, etc. Pour répondre, ce département, et l'INRA derrière, ont fait massivement un choix très clair : la génomique. Il faut faire très attention : même si à l'intérieur de l'INRA, j'en suis certain, ceux qui travaillent sur le génome ont une idée beaucoup plus nuancée de l'importance du génome dans la physiologie de la plante entière que d'autres, à l'extérieur cela apparaît vraiment comme une idée dominante, voire une idéologie. Les hypothèses scientifiques qui sous-tendent ce choix de la génomique ont-elles été débattues quelque part ? A mon avis, si la génomique est absolument indispensable, elle est aussi complètement insuffisante car il existe d'autres voies pour répondre, peut-être pas à toutes les questions – il faudrait beaucoup nuancer. Cette voie apparaît tout de même assez monolithique et un peu écrasante – parce qu'il y a des raisons objectives –, et il ne faudrait pas se tromper à longue échéance. Mettre ainsi un peu tous ses oeufs dans le même panier n'est-il pas dangereux à la longue ? Si l'INRA a eu la chance immense, par rapport à d'autres organismes, de conserver des disciplines "traditionnelles" par rapport à la génomique, je ne sais pas s'il en a tiré tout le bénéfice.

VT : Quelqu'un veut-il intervenir sur cette question, que l'on entend assez régulièrement ?

A.F. Adam-Blondon (INRA, Biologie végétale) **:** Je voudrais répondre. Je suis une affreuse biologiste moléculaire, je connais très mal la plante, mais mon travail ne servirait absolument à rien si je ne travaillais pas en réseau avec des gens qui la connaissent très bien, qui savent choisir des critères d'analyse des caractères, qui les améliorent tous les jours, les optimisent, qui créent des nouvelles populations, qui conservent les ressources génétiques et les observent... Tout l'enjeu est de bien se répartir le travail et d'être efficace chacun dans son domaine. J'ai fait mon autocritique : j'ai essayé de travailler un peu sur plante entière aussi, et j'ai vu que j'étais totalement inefficace. J'ai donc décidé d'arrêter et de laisser faire les gens compétents.

M. Lefort : Je pense qu'Anne-Françoise Adam-Blondon a bien montré l'enjeu appliqué sous-jacent aux travaux de génomique qu'elle coordonne sur la vigne et je l'en remercie. Plus généralement, l'évolution des activités du département nous conduit à investir lourdement dans la génomique pour rester compétitifs au niveau international : il n'en reste pas moins que les connaissances acquises doivent pouvoir être rapidement diffusées pour être pleinement valorisées dans des schémas de sélection. L'INRA n'aura pas les moyens d'assurer seul cette valorisation et n'a pas nécessairement la légitimité pour le faire si d'autres en sont capables (les firmes privées, par exemple). Il doit par contre se concentrer sur les aspects méthodologiques originaux permettant de valoriser au mieux ces connaissances au profit d'innovations variétales. C'est dans cet esprit que le département développe d'une part des méthodologies de sélection et, d'autre part, quelques projets d'innovation ambitieux et démonstratifs pour des caractères justifiant un effort de la recherche publique. Ces projets, comme l'a repris Paul Vialle, doivent mobiliser plusieurs autres départements de l'INRA, tant dans le choix des cibles à considérer dans les études de génomique que dans l'intégration raisonnée des connaissances acquises sur ces dernières aux niveaux de la plante entière et du peuplement. Sur ce problème de l'intégration à tous les niveaux (cellule, organe, plante et peuplement), je considère que le département GAP devra investir dans les prochaines années, en concertation avec les départements d'Environnement et agronomie et de Biométrie, à travers notamment un renforcement des compétences en modélisation, que ce soit en interne ou en externe.

Enfin, je pense qu'au travers des efforts que nous souhaitons faire pour mettre en place des plates-formes de transfert, l'INRA pourra répondre au double enjeu d'accompagner la valorisation des connaissances en génomique dans des projets appliqués à l'amélioration des espèces cultivées et de veiller à leur transfert sur des espèces de moindre intérêt économique.

F. Tardieu (INRA, Environnement & agronomie) **:** On a entendu dire qu'il faut une collaboration entre la génétique et l'agronomie "traditionnelle". Par définition, l'agronomie se renouvelle aussi. La génomique lui pose de nouvelles questions : sur la diffusion des OGM bien sûr, mais pas seulement. On parle beaucoup de résistance à la sécheresse, au manque ou à l'excès d'azote, etc. Ceci pose immédiatement d'autres questions : quel type de génotypes recherche-t-on ? Pour faire quoi ? Ces problèmes appellent des disciplines différentes de celles qui prévalaient traditionnellement et qui mobilisent des démarches systémiques... La notion de modélisation devient critique, puisqu'il faut parvenir à prévoir le comportement d'un génotype dans de nombreuses situations, et pas seulement dans un essai ou un autre. Il n'apparaît donc pas opportun d'opposer la génomique et l'agronomie traditionnelle qui s'enrichissent et évoluent l'une au contact de l'autre. L'agronomie se renouvelle très fortement : l'écophysiologie prend en compte les progrès de la génomique, essaie de les traduire en termes de modélisation ; l'agronomie systémique se développe, avec déjà des travaux importants, je crois.

P.H. Gouyon : Le malheur est qu'à l'heure actuelle on ne peut pas dire qu'on ait les forces nécessaires pour réaliser les modélisations évoquées. Les gens capables d'y contribuer me semblent en quantité carrément très insuffisante, que ce soit au CNRS, à l'INRA ou ailleurs. L'équilibre des forces entre ceux qui travaillent au niveau du génome ou juste autour, et ceux qui travaillent à des échelles nettement plus intégrées ne nous rend pas capables, à mon avis, de faire à l'heure actuelle ce que tu proposes. Je ne dis pas qu'on ne peut pas essayer d'aller dans cette direction, mais cela ne me semble pas faisable dans un avenir proche. Non seulement on n'a pas les chercheurs nécessaires, mais on ne les forme pas.

P. Vialle : On a effectivement besoin, sur les questions agriculture/environnement par exemple, de recherches qui soient de plus en plus intégrées, et mobilisent des disciplines de plus en plus différentes. On en a vraiment besoin. Entre agriculture et environnement, le fossé est énorme. Or dans treize ans, une directive européenne nous fera obligation d'obtenir des résultats. L'agriculture raisonnée est une obligation de moyens, et non de résultats. Mais en 2015, avec les directives européennes, nous aurons une obligation de résultats sur le terrain, l'obligation d'assurer un bon état écologique, ce qui est redoutable. Comment s'y prépare-t-on ? Que propose-t-on actuellement aux agriculteurs pour répondre demain – 2015, c'est demain – à ce défi ? Ce sont des questions globales majeures qui vont se poser. La génétique peut apporter des éléments de réponses tout à fait intéressants, mais ce n'est certainement pas la seule et il faut que la génétique se combine à beaucoup d'autres approches et disciplines.

Quelques éléments de conclusion

Guy Riba, Directeur scientifique "Plante et produits du végétal"

Comprendre le passé pour éclairer le futur. Croiser le regard des disciplines pour mieux jalonner notre perspective. Associer les générations de chercheurs et d'acteurs socio-économiques pour stimuler la réflexion.
Bravo et merci à Pierre Boistard, Claire Sabbagh, Isabelle Savini et l'ensemble du Comité de pilotage d'avoir relevé le défi que leur lançait la direction de l'INRA.
Je suis donc honoré d'essayer d'en tirer quelques conclusions à chaud, mais je me dois d'afficher la plus grande modestie face à la tâche. Les quelques réflexions qui suivent devront être complétées, corrigées, approfondies.

• Georges Waysand a montré avec brio qu'**identifier ruptures et discontinuité** n'est qu'un exercice rhétorique peu fécond dans la démarche scientifique… aussi proposerai-je de nous rallier à cette thèse sans manquer toutefois de souligner deux réalités qui ne sont pas relatives à la démarche scientifique mais sont majeures dans l'environnement de la science. La première, et d'ailleurs G. Waysand l'a parfaitement soulignée, est l'importance croissante de la vision du citoyen sur la science, sa démarche, ses résultats et les innovations qui en découlent. Ainsi les OGM sont perçus à tort ou à raison comme une rupture et doivent être traités comme tels… d'où l'adhésion totale, sans réserve, à la nécessité du débat sociétal, à l'implication croissante des sciences sociales dans le processus d'orientation de nos travaux, d'où la nécessité de collections et d'échanges plus fréquents avec les sciences juridiques, d'où l'impératif de transparence, d'où l'acceptation d'une totale liberté d'expression de la controverse au sein de l'établissement, sous réserve d'une intransigeance absolue sur les erreurs et contre-vérités à propos de faits avérés (je félicite l'exemplaire débat qui a suivi le remarquable exposé de A. Charcosset sur l'hétérosis). Le deuxième point, c'est que les ruptures peuvent apparaître dans la gestion des compétences scientifiques. En 1973, l'Institut Pasteur a amorcé un virage complet focalisé sur les prémices et promesses de la microbiologie moléculaire à partir de quelques espèces modèles. Bravo pour cette lucidité et cette impérieuse nécessité. Le drame est que cette évolution s'est faite au détriment de compétences aujourd'hui définitivement disparues en écologie microbienne, en parasitologie et 30 ans plus tard, la France a du mal à surmonter cette erreur et à la gérer tant les compétences sont éparpillées géographiquement et thématiquement, sans leadership fédérateur. Il n'est qu'à voir l'état de l'épidémiologie pour mesurer le chemin à parcourir. On a frôlé la même chose avec la systématique.

C'est pourquoi la stratégie polypodale que nous mettons en œuvre est une vraie stratégie qui me paraît bien plus prometteuse que les démarches pendulaires qui consistent, pour un responsable scientifique, à se dépêcher de faire le contraire de ce que faisait son prédécesseur. Ceci a pour conséquence de nouveaux droits et devoirs, aussi bien pour nous que pour nos partenaires. Ainsi la contribution de l'INRA à la génomique sera d'autant mieux valorisée que nous réussirons à y impliquer non seulement les généticiens mais également les agronomes, les technologues et les pathologistes.

• **S'agissant de la démarche scientifique**, P.H. Gouyon a clairement montré que les orientations et le choix des structures sont trop souvent implicites et jamais neutres. Cependant, il est toujours nécessaire d'en inscrire l'analyse dans le contexte du moment. A. Gallais, G. Doussinault, Y. Hervé ont précisé ce cheminement, en insistant sur les nouvelles compétences à maîtriser pour chaque équipe de recherche, mais en soulignant aussi le nécessaire retour au champ et l'impératif de connaître la plante entière.

A. Charcosset et A. Gallais ont éclairé d'une nouvelle manière le fait hybride et montré que si depuis une dizaine d'années on dispose de méthodes qui donnent davantage de puissance à la sélection à partir de populations, à l'époque de East et Shull, celles-ci n'existaient pas… la controverse ne pouvait avoir lieu. La sélection par les hybrides donnera plus rapidement des performances supérieures à la sélection par les populations.

Aujourd'hui, sommes-nous à l'abri d'erreurs comparables ? M.A. Hermitte a perfidement interpellé l'auditoire en demandant : "Vos *success stories* sont intéressantes, mais qu'en est-il de vos catastrophes et de vos doutes ?"

A l'aide de trois exemples récents et actuels, je confirmerai qu'effectivement l'arbitrage entre plusieurs démarches scientifiques reste délicat et peut être source d'erreurs.

La contribution de l'INRA à la découverte de gènes de résistance n'est pas satisfaisante et notre bilan est institutionnellement impardonnable. Il ne s'agit pas de chercher des coupables, car c'est un ensemble convergent de raisons indépendantes qui nous ont fait rater le rendez-vous, malgré d'excellentes ressources humaines et des ressources génétiques exceptionnelles et bien étudiées. De nombreux chercheurs compétents sont restés dispersés dans trop de programmes, des responsables scientifiques ont conservé leurs logiques organisationnelles au lieu de promouvoir précocement des transversalités ; des lourdeurs administratives ont accru notre incapacité à mobiliser au moment voulu, les crédits nécessaires et pourtant existants… Aujourd'hui la situation s'améliore, les premiers résultats encourageants apparaissent comme l'ont montré M. Pitrat et A.F. Adam-Blondon.

Enfin, l'équilibre optimal entre espèces cultivées et espèces modèles n'est pas trivial à trouver, même si l'on réfute les deux positions extrêmes : celle mentionnée par P.B. Joly qui promet une large capacité à décliner les gènes à partir des espèces modèles, et celle défendue par M. Mazoyer qui préconise l'étude de plusieurs dizaines d'espèces.

Le troisième exemple se réfère à la place que l'INRA doit prendre dans la transformation du végétal. Si l'organisme voit clairement l'apport de la transgenèse à la connaissance du vivant, il lui est très difficile de mettre en avant l'intérêt agro-économique de variétés transgéniques. Dès lors, nous ne parvenons à nous organiser ni pour concevoir de telles variétés à partir des techniques existantes, ni à décider d'investir en amont pour générer des méthodes de transformation qui soient fiables, efficaces et socialement acceptables. Ecartelés entre ces logiques, nous dispersons quelques moyens sur la recombinaison homologue d'une part et fort peu sur la transformation du maïs, du blé ou du colza que le privé sait mieux faire que nous.

• **S'agissant des finalités**, A. Cauderon, B. Hervieu, C. Bonneuil et le débat de la table ronde ont dressé un remarquable bilan des acquis de l'INRA tant en ce qui concerne le matériel génétique que l'organisation des industries de la semence ou celle des acteurs de l'encadrement des filières.

Ce bilan historique continue d'être positif même si, logiquement, il a évolué compte tenu d'une implication performante des entreprises semencières en France et de l'ouverture des marchés de la semence. Autrement dit, ce bilan ne doit plus être seulement analysé sous l'angle de sa seule portée économique, il doit prendre en compte le rôle pédagogique et anticipateur des innovations variétales de l'INRA. Ceci nous conduit à construire notre démarche à partir d'une grille de critères qui, et je m'en réjouis très vivement, converge de façon surprenante avec l'argumentation de M. Griffon. M. Lefort vous a présenté le processus dans le département Génétique et Amélioration des Plantes en cours qui, à la fois focalise notre activité et accroît notre capacité d'accueil. Ainsi, à l'incontournable besoin d'accroissement du rendement tel que l'a très bien démontré M. Mazoyer, il faut associer des externalités se référant à l'environnement ou à la qualité des produits. Parallèlement, l'inévitable focalisation des activités propres de l'INRA en matière d'innovations doit être accompagnée d'une capacité accrue d'accueil de partenaires dans un environnement performant offrant ressources génétiques, génomiques, bioinformatiques, méthodologiques et expérimentales.

Je suis convaincu que ce travail en profondeur marquera les prochaines décennies non seulement du GAP mais d'une grande partie de l'INRA, car la création variétale aujourd'hui dépasse les frontières du département. Je suis aussi satisfait de l'accueil qui en est fait, tant par les chercheurs qui voient en ce schéma l'expression d'une orientation politique forte, que par les partenaires d'aval qui, partageant les mêmes interrogations, voient là une nouvelle attitude constructive de l'INRA. Pour autant, je regrette le manque d'approches globales et les lenteurs des administrations nationale et européenne à expliciter leurs choix, même si je mesure le champ de contraintes contradictoires dans lesquelles elles s'inscrivent. L'exemple le plus difficile à supporter aujourd'hui porte sur les protéagineux qui, par

l'examen de tous les critères, devraient être largement plus cultivés en Europe de l'ouest. Tout le monde le sait, tout le monde le dit, et malgré tout, cela ne débouche pas sur des décisions concrètes. Or, je le dis simplement et fermement, sans accompagnement par une politique forte, impliquant public et privé, les investissements actuels de l'INRA sur les protéagineux n'auront pas de portée économique. Ils sont voués à l'échec. Ceci est totalement différent de la situation décrite par A. Cauderon, ou de celles clairement illustrées par F. Thomas et C. Bonneuil qui ont montré le rôle décisif des responsables politiques dans l'organisation des structures d'accueil de l'innovation. L'ensemble des chercheurs sont ouverts à des paris audacieux tels que celui du pois d'hiver. Simplement, retenons que la régulation civique de nos activités prônée par C. Bonneuil n'est pas contestée, ni contestable, elle est simplement insuffisante.

• **Tout ceci n'a de sens que dans un cadre partenarial nouveau**. G. Freyssinet et M. Delseny ont clairement illustré les évolutions nécessaires et l'importance majeure des enjeux encore actuels de la génomique végétale. M. Cassier et R. Dumas de Vaulx ont respectivement souligné nos dispositifs, notamment Génoplante, et nos pratiques de partenariat en les comparant à d'autres exemples dans le monde et en retraçant l'évolution des réflexions au sein de l'INRA. Oui, nous avons beaucoup appris ces dernières années et pourtant des marges de progrès sont encore à conquérir. P. Vialle puis M. Guillou ont conçu et fait évoluer Génoplante pour lui donner l'assise suffisante pour s'intégrer dans la logique européenne. C'est pourquoi je suis heureux d'annoncer le soutien par la Commission européenne de l'émergence d'un réseau européen de plates-formes en génomique végétale.

F. Thomas a démontré l'absolue nécessité de disposer de structures d'accueil des innovations. Il a rappelé le rôle essentiel qu'a joué la Direction des politiques et des échanges du Ministère de l'Agriculture à l'époque de l'arrivée des maïs hybrides américains ; il a souligné l'implication sans réserve et efficace de l'INRA dans la vulgarisation de ces maïs. Nous restons convaincus du fait que seul le respect de ces conditions conduit au succès. C'est une des raisons pour lesquelles nous discutons intensément avec les responsables de notre filiale Agri-Obtentions pour qu'elle ait un adossement plus large à l'INRA, pour qu'elle promeuve une approche plus intégrée à vocation pédagogique, pour que sa politique partenariale soit plus diversifiée. Pour conclure cette analyse, je rappellerai que la principale mission de l'INRA est de savoir fédérer les acteurs pour le meilleur partage et le plus grand usage des innovations d'intérêt commun auquel l'établissement contribue.

Plusieurs d'entre vous ont éclairé l'exigence d'une construction européenne… nous sommes enthousiastes, convaincus, résolus et pour autant inquiets car on sait qu'elle entraînera une nette recomposition du dispositif : il est urgent de s'y mettre, l'Europe n'est pas qu'une cagnotte, c'est un monde différencié à construire, c'est la garantie d'un développement mondial harmonieux.

• **En ce qui concerne la biodiversité**, M. Lefort a bien illustré la double portée de nos orientations sur les ressources génétiques d'une part, sur la connaissance de la diversité et ses mécanismes régulateurs d'autre part. Pour les ressources, A. Sontot a souligné l'originalité et l'efficacité du dispositif français. L'INRA y joue un rôle important qu'il n'est pas question de réduire, au contraire, nous le renforcerons au fur et à mesure de l'arrivée des connaissances et du progrès des méthodologies. Il est essentiel que ces ressources demeurent accessibles, explorées et exploitées. M. Lefort a beaucoup insisté sur le volet ressources génétiques, s'agissant de la biodiversité, il nous faut clairement plus d'audace impliquant le département GAP et d'autres : la création d'un département écologie à l'INRA est à l'étude ; la mise en place d'un centre de ressources biologiques à vocation nationale est examinée à Toulouse ; les liens avec le Muséum National d'Histoire Naturelle et les instituts techniques sur ce type d'études sont encore à conforter.

• **La propriété intellectuelle** est non seulement une problématique autour d'enjeux patrimoniaux, d'enjeux économiques sensibles, et d'enjeux juridiques, elle est aussi, et ceci est souvent mésestimé, un déterminant essentiel du partenariat. D'ailleurs M. Cassier a clairement illustré comment une gestion intelligente des droits sur l'insuline avait permis à l'Université de Toronto d'en maîtriser le cadre partenarial. M.A. Hermitte et M. Griffon proposent des questionnements relatifs à l'établissement des modalités de gestion de la propriété intellectuelle : l'octroi ou non d'une exclusivité de

grande latitude offerte pour la gestion de licences, l'organisation de pools de brevets détenus par le public sont autant de points à partir desquels une éthique peut être établie. Je note au passage l'attention à apporter aux consortia publics internationaux qui se multiplient sans que l'on tire suffisamment profit des antécédents. Or les enjeux économiques et stratégiques s'accroissent au fur et à mesure de l'avancée des connaissances.

• **Je terminerai mon intervention en évoquant la formation**. Constatant que nous n'avons pas suffisamment réfléchi à cette mission essentielle au cours de ce colloque, je prends acte du message fort qui ressort des discussions. Je retiens dans ce champ non seulement la formation des futurs chercheurs, mais aussi le poids donné à l'INRA dans la formation théorique et technique des sélectionneurs de demain. On n'a pas clairement suffisamment avancé sur ce point. De même, dans un contexte scientifique, méthodologique et économique aussi évolutif qu'aujourd'hui, la formation pour l'évolution des compétences et des carrières des chercheurs et des techniciens constitue un enjeu majeur pour l'INRA.

Ce colloque est une première. Je suis convaincu qu'il aura des suites, et qu'il fera école non seulement pour sa réussite, mais aussi parce que de nombreux jeunes nous ont accompagné durant ces deux journées.

Intervention de clôture

Marion Guillou, directrice générale de l'INRA

J'ai la tâche stimulante de clore ce colloque, et c'est avec plaisir que je souhaite vous faire part des réflexions qu'il m'inspire. G.Riba vient de résumer les idées forces qui sont apparues lors de ces deux journées. Il me revient de resituer ces questions, commentaires et analyses dans la vie à moyen et long terme de l'institut, et d'essayer d'en voir avec vous les implications pour notre action collective, pour la recherche publique, CIRAD, IRD, INRA, CNRS et pour les secteurs, professionnel et social, concernés par nos travaux.

Les préoccupations qui ont guidé les organisateurs de ce colloque sont celles de l'ensemble de l'INRA. L'INRA, connu bien que méconnu, carrefour d'une multiplicité d'acteurs, est confronté aux exigences toujours plus fortes des concurrences scientifiques et économiques qui traversent tous les domaines de la recherche finalisée. L'INRA est ainsi confronté aux regards divers de la société qui, comme le rappelle Olivier Andrault, questionnent nos choix de recherche et nos choix de partenariat.

Appliquer ce regard critique à la génétique et à l'amélioration des plantes est riche de conséquences pour l'ensemble de l'INRA. Je remercie Guy Riba et Marianne Lefort d'avoir lancé cette opération. Cela montre leur clairvoyance, leur sens du bien collectif et leur courage. En effet, l'amélioration des plantes et, en terme de structure le département GAP, tiennent une place particulière dans notre dispositif de recherche. Le département GAP est une colonne vertébrale, ce qui reprend l'expression de Christophe Bonneuil :

- historiquement, il a été l'un des tout premiers départements organisé ;
- il est à la fois très présent scientifiquement et très proche des réalités et des enjeux économiques ;
- il est directement sollicité par la société sur ses innovations et ses pratiques ; de plus, il est au centre du débat sur le patrimoine que représentent les ressources génétiques ;
- il est face à de multiples enjeux scientifiques : arrivée et développement de la génomique, liaison de plus en plus marquée entre physiologie et génétique, entre sciences réductionnistes et sciences de l'intégration ; je pense tout particulièrement aux analyses sur plantes entières, nécessaires à la fois à la biologie intégrative, à l'amélioration des plantes et à certains modes de conservation des ressources biologiques ;
- c'est enfin un département qui est obligé sans cesse de choisir des priorités, car il n'est ni possible ni légitime de faire tout sur tout, à tous les stades de développement. Notre existence, notre action, notre viabilité dépendent de ces choix.

Marianne Lefort mène actuellement avec son équipe, en liaison avec les autres départements, un travail de redéfinition des priorités avec volonté, doigté et prudence, et selon une grille de lecture que Michel Griffon ne renierait pas. Nous avons conscience de l'énorme travail et des contraintes que cela procure. J'appuie sans réserve son action, et le collège de direction travaille avec elle en lien continu.

Tous ces changements et toutes ces variations de contexte ne créent cependant pas une révolution. Les notions de continuité et de rupture, fécondes pour un tel colloque, doivent se replacer dans un temps long, conscient du passé et tourné vers l'avenir. Continuité et rupture se complètent : réfléchir à la seule continuité empêche la distanciation et l'analyse stratégique ; réfléchir à la seule rupture reviendrait à se priver des connaissances, des outils, des savoir-faire, du dispositif présent, construit pendant des générations.

Je préfère examiner avec vous où se situent les ressources spécifiques et stratégiques, et où sont intervenues ou devraient intervenir des évolutions notables.

- **Les ressources de la recherche sur le végétal sont de plusieurs types**

Ressources scientifiques d'abord

Je mets volontairement l'accent sur les apports fondamentaux finalisés, construits avec la plus grande exigence scientifique et avec une volonté réelle de rendre notre agriculture plus maîtresse de ses choix. L'expérience montre que notre parcours n'est pas parfait, qu'il a été semé d'embûches, qu'il peut être sujet à débats. Les acquis accumulés peu à peu collectivement restent toujours d'actualité et constituent nos principales forces :

- acquis de biologie florale, de biologie de la reproduction qui ont permis de dépasser les contraintes posées par la physiologie de chaque espèce ;
- acquis de génétique quantitative, permettant de prévoir de mieux en mieux et sur le long terme l'amélioration des populations, de s'assurer de la durabilité du matériel sélectionné, aidés en cela depuis peu par la sélection assistée par marqueurs qui permet de nouveaux degrés de précision, et une sélection des progrès génétiques ;
- méthodologies innovantes d'expérimentation et d'analyse statistique.

Ressources en connaissances et savoir-faire ensuite, ayant comme objectifs la gestion de l'aléa, de la diversité et de l'incertitude

L'amélioration des plantes a toujours eu pour but de réduire les incertitudes :

- mettre au point à échelle commerciale les stérilités mâles cytoplasmiques, les techniques de clonage, la multiplication *in vitro*, l'hybridation,
- améliorer l'homogénéité et de la stabilité des lignées,
- améliorer la résistance aux maladies et aux agressions,
- prévoir la durabilité d'une qualité,
- connaître de façon accrue et contrôlée le comportement d'une variété dans nos différents climats, et donc la gestion de la production pour l'agriculteur, et le risque de variabilité de matière première pour l'utilisateur et le consommateur,
- connaître, comprendre et valoriser la diversité des variétés et des espèces.

Ceci s'est traduit également par un dispositif performant, le GEVES, qui permet de contrôler, de suivre et de certifier les variétés, mais aussi d'assurer une loyauté accrue des transactions.

Ressources enfin dans le système de protection de la propriété industrielle et dans la conservation de la biodiversité

Le système des COV, dans lequel l'INRA a eu un rôle direct et indirect central mérite d'être défendu ardemment et de perdurer. Le système des COV permet en effet de garantir l'accès de tous à un progrès dû à une initiative individuelle ; il permet de même un juste retour sur investissement. Le brevet offre aussi certains avantages et rend possible des investissements massifs et ponctuels. Cependant, un équilibre doit être trouvé entre les deux systèmes et permettre aux COV de perdurer.

La compréhension de la biodiversité et la conservation des ressources génétiques sont tout aussi cruciales. Les ressources génétiques sont tout d'abord un patrimoine de grande valeur. Il est de notre devoir de le transmettre intact et enrichi aux générations futures. Les ressources génétiques sont également stratégiques pour les différents aspects de la génomique, et un des facteurs d'explication du bon positionnement de l'INRA.

- **Toutes ces ressources sur lesquelles s'appuie notre recherche doivent être respectées, maintenues, consolidées pour faire face aux facteurs d'évolution qui apparaissent dans de nombreuses dimensions. Des facteurs d'évolution puissants sont à l'œuvre. Ils ne doivent pas nous éloigner du pourquoi de notre intervention d'organisme public : utilité collective, valeur patrimoniale.**

Premier facteur d'évolution : la biologie à haut débit

Comment devons-nous travailler pour répondre à ce défi ? Les volumes financiers, les technologies, les compétences nécessaires demandent l'établissement de synergies, d'économies d'échelle. Ceci exige une optimisation de notre dispositif et donc une mutualisation, au moins interdépartementale. Ce mouvement déjà lancé sera encore accentué. Il nécessite une réflexion sur nos pratiques de recherche, sur l'animation collective et sur l'organisation autour d'outils collectifs lourds. Il nécessite une réflexion sur l'évolution des métiers. Il exige des échanges comme ceux auxquels nous avons assisté aujourd'hui entre génomique et génétique.

Deuxième facteur d'évolution : avec qui travaillons-nous?

Le partenariat scientifique avec les autres organismes publics en Europe et dans le monde et avec le secteur privé doit être encore renforcé pour permettre le rassemblement d'une masse suffisante de moyens financiers et humains. Ce partenariat s'exercera de plus en plus en amont, dans le processus de recherche. Génoplante a notamment été créé pour cela.

Le partenariat économique doit être interrogé : avec qui travaillons-nous ? Pour quels objectifs spécifiques ou communs ? Quelles modalités de collaboration, quelles régulations et quelles missions de service public ? Nous avons engagé une réflexion large au sein de l'Institut pour apporter des réponses à ces questions. Le COMEPRA notamment nous a rappelé nos responsabilités sur la diffusion de l'innovation, son accessibilité à tous et sur notre rôle dans la conservation du bien public.

Troisième facteur d'évolution : pour qui travaillons-nous ?

Cette question est primordiale. Je réponds sans hésitation que nous travaillons pour l'agriculture française et à travers elle la société française, dans une perspective européenne. L'INRA travaille a priori pour tous les modes de production. La question principale qui se pose étant de savoir quelle agriculture répond le mieux à nos besoins, sur des surfaces limitées. Cette idée m'est chère, et doit être retraduite dans le contexte actuel. Dans la mesure où le consommateur ne parle plus uniquement de la quantité mais demande des critères de qualité et de respect de l'environnement, nos productions doivent s'inscrire dans une perspective de développement durable. Un développement durable qui articule selon le rapport Bruntland, trois ambitions : la création de richesse, l'équité, la santé et l'environnement des générations futures. Cela nous conduit à accompagner l'agriculture pour relever le défi que Guy Paillotin décrivait en ces mots : "*conquérir sa valeur ajoutée économique, sociale et environnementale*".

Grâce à ces ressources et pour répondre à ces défis, nous sommes amenés à engager des évolutions fortes sur nos objectifs, sur nos méthodes, sur notre dispositif. Vous l'avez senti au cours de ces journées à travers plusieurs interventions.

Je compte sur chacun, sans exception, aussi bien les grands animateurs de l'amélioration des plantes que les chercheurs et ingénieurs ou les personnel de laboratoire et d'expérimentation de nombreux départements de l'INRA, pour réfléchir et répondre avec succès, et avec nos partenaires techniques et professionnels, à ce stimulant défi. En effet la recherche n'a de richesses que de femmes et d'hommes.

En conclusion, je voudrais souligner combien la diversité de cette assemblée est l'image de nos débats. A vous tous, fondateurs et bâtisseurs de fondations ici présents, André Cauderon, Jean-Pierre Monod, Max Rives, Alain Dehayes, André Gallais, Jean Monier et Gérard Doussinault ; à vous chercheurs les plus actifs, responsables d'appui à la recherche, partenaires privés ou étudiants, merci d'être venus partager ce temps.

Je vais donc clore ce colloque en saluant les membres du comité de pilotage, Pierre Boistard, Claire Sabbagh, Isabelle Savini, et l'ensemble des collègues de l'INRA, du CNRS, de l'ENSAM, de l'Université, du secteur privé qui se sont joints à eux, en remerciant également les membres du comité local d'organisation, Eric Mignard, Marie-Louise Cortez, Anne-Marie Jean, Georges Llombrich, et l'ENSAM pour son accueil en ces murs.

Ruptures et continuités dans les développements scientifiques : Réalité épistémologique ou fiction sociopolitique ?

Georges Waysand

Groupe de Physique des Solides - Tour 23, Universités Paris 6 et 7 - 75251 Paris Cedex 05
et
Laboratoire Souterrain Bas Bruit de Rustrel Pays d'Apt
(Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse) - La Grande Combe - 84400 Rustrel
waysand@gps.jussieu.fr

L'impuissance est l'achèvement du sérieux
Georges Bataille

1. Le monde oscille entre deux miracles : Soudaineté et Progressivité

Retracer l'évolution de la physique au XXe siècle m'avait-on demandé, surtout de son organisation et de ses relations avec le corps social. L'idée sous-jacente étant que ceci pourrait servir de point de repère pour une comparaison implicite avec votre domaine. Nécessairement implicite puisque je ne suis pas biologiste, pas plus d'ailleurs que je ne parle au nom des physiciens. Lors de cette discussion préliminaire, j'ai été frappé d'entendre des points de vue généraux très contradictoires. Pour certains m'assurait-on : "la connaissance génétique du vivant bouleverse nos moyens d'action". Pour d'autres elle s'inscrivait parfaitement dans l'évolution sur la longue durée de la biologie.

Rupture ou discontinuité ? m'est revenu à l'esprit l'aphorisme d'Arthur Schnitzler : Le monde oscille entre deux miracles : Soudaineté et Progressivité[1].

Se réclamer de miracles pour parler de l'avenir de nos institutions scientifiques est maladroit et prématuré. Maladroit parce que c'est un appel à l'irrationnel. Prématuré car leur situation n'est pas encore désespérée, même si elles donnent d'évidents signes de fatigue. Que cet aphorisme pourtant vieux d'un siècle soit si bien adapté à la circonstance qui nous réunit ici aujourd'hui nourrit le soupçon qu'il faut regarder de plus près ces notions d'usage si facile.

Propositions contraires, reprises dans le titre même de ce colloque, rupture et continuité pourraient être renvoyées à l'opposition maintenant classique entre d'une part les tenants de l'histoire événementielle et de l'autre ceux de la longue durée. Au premier ordre, comme diraient les physiciens, c'est-à-dire à la louche, l'histoire événementielle peut être résumée par cette question dans le style du seul documentaliste du CNRS passé à la postérité, Georges Perec :

> "Qui se souvient de 1615 ?" Question à laquelle la "bonne" réponse est évidemment : "Premier centenaire de la bataille de Marignan".

Pour représenter les tenants de la longue durée, je me contenterai (avec autant de mauvaise foi) de Martin Heidegger qui dans son essai sur la technologie écrivit :

> Souligner la relation mutuelle entre la technologie et la physique est correct. MAIS (souligné par moi GW) c'est une pure constatation historiographique qui ne dit rien sur quoi cette relation mutuelle est fondée. La question décisive demeure : de quelle essence est la technologie moderne pour qu'elle ait pu penser mettre la science exacte en service ?[2].

Quelle durée plus longue en effet que l'essence – éternelle bien sûr – des choses, autrement dit leur ontologie ? Évidemment ces deux exemples sont exagérés, l'un du côté de la rupture, l'autre vers l'éternité qui en nous-même nous change, figure idéale de la continuité[3].

---

[1] Arthur Schnitzler, *Relations et solitudes*, aphorismes traduits de l'allemand par Pierre Deshusses, éditions Rivages (Paris, 1988), page 69.

[2] Martin Heidegger, *The Question Concerning Technology and Other Essays*, translated and with an Introduction by William Lovitt, éditions Harper and Row (New York, 1977), page 14. La traduction en français est de ma responsabilité et le restera si je ne mets pas la main sur la version française.

[3] Ce traitement de l'ontologie heideggerienne est certes cavalier, mais pas moins que cette proposition ontologique à préambule agricole, prononcée à Brême en 1949, donc après la fin de la deuxième guerre mondiale :

Dans la gestion et la gesticulation des institutions scientifiques pour assurer leur devenir, l'usage des notions de rupture et continuité est pourtant quotidien. Pour autant il est insuffisant de se dire que le futur des sciences et des institutions qui les structurent, même s'il n'est plus ce qu'il a été, doit bien se trouver quelque part entre les deux.

Dans ce qui suit il va donc y avoir un double mouvement : celui de dégager quelques pistes qui permettent de comprendre le succès de notions, à l'évidence non opérationnelles et, c'est le deuxième mouvement, tenter une démarche comparative avec la discipline hier souveraine : la physique lourde. L'ambition ? Remettre en lumière les problématiques originaires sous-jacentes qui ont donné jour aux parti-pris spontanés et aux expressions auxquelles nous avons trop souvent recours comme celles de rupture et continuité et qui, à force d'usage, sont devenus des clichés dans les discussions sur l'impact des sciences et des techniques. Ce faisant nous pourrons peut-être renouer avec l'exercice du jugement et du libre-arbitre ce qui est une condition sans doute nécessaire mais pas suffisante pour rompre avec la résignation ambiante qui réduit les chercheurs des organismes publics à de simples agents d'exécution spécialisés quasiment infantilisés dans certains cas[4].

Il est inévitable qu'engagés dans nos disciplines respectives nous ayons peu de temps à réfléchir aux rôles des sciences et à leur relation avec la société, ceci ne justifie pas que nous soyons autistes et que nous déléguions… à d'autres spécialistes tout ce qui relève de notre responsabilité individuelle et citoyenne. Ce qui suit ne prétend pas faire une revue des problèmes abordés : la littérature sur sciences techniques et sociétés par son volume de publications n'a rien à envier aux sciences "dures" mais j'ai bénéficié de discussions, d'informations, d'éclaircissements et de contacts grâce à Miguel Abensour (Paris 7), Marcel Benabou (Oulipo et Paris 7), Christophe de Beauvais (Affaires étrangères), Pierre Chartier (Paris 7), Steve Fuller (Warwick) , Pierre Hohenberg (Yale), Jochen Hoock (Paris 7), Jean Matricon (Paris 7), Olivier Revault d'Allonnes et Francis-André Wollman, qu'ils trouvent ici mes remerciements , même s'ils ne sont en rien engagés par ce qui suit.

2. La “Big Science” à gros traits

Avant que la découverte de la structure de la double hélice n'inaugure véritablement la biologie moléculaire (du moins c'est ainsi que la vulgate nous présente sa naissance), le développement scientifique dans ses formes d'organisation et ses directions de développement était dominé par ce qu'on a appelé la "big science", en fait d'abord la physique nucléaire puis celle des particules élémentaires. Sans trop forcer le trait, quels parallèles pouvons-nous tracer entre ce secteur particulier de la physique et la position particulière qu'occupe aujourd'hui la génétique moléculaire ?

1- Tout d'abord que dans les deux cas, un secteur particulier d'un champ disciplinaire bien plus vaste acquiert une importance épistémologique puis sociale. Cette remarque n'est pas une tautologie. Ainsi pour la physique, c'est dès le début du XXe siècle que la mécanique quantique avait révolutionné la physique. Cependant, si les mal-nommées "relations d'incertitude" exaltèrent bien des imaginations extra scientifiques, ce n'est pas la mécanique quantique en tant que telle qui a marqué l'organisation de la physique mais bien seulement une vingtaine d'années plus tard la physique nucléaire, tant pendant le projet Manhattan de fabrication de la bombe A qu'après Hiroshima et Nagasaki. La raison, si cela peut se dire à propos de la deuxième guerre mondiale, est donc sociopolitique et non point scientifique.

L'agriculture est maintenant une industrie alimentaire motorisée, quant à son essence la même chose que la fabrication de cadavres dans les chambres à gaz et les camps d'extermination, la même chose que les blocus et la réduction de pays à la famine, la même chose que la fabrication de bombes à hydrogène. In Philippe Lacoue-Labarthe, *la fiction du politique*, Christian Bourgois éditeur (Paris, 1998), page 58.

[4] Ainsi dans son contrat pluriannuel avec l'Etat *Priorités et actions engagées pour l'avenir du CNRS*, la direction du CNRS qu'on ne savait pas si parentale se propose pas moins que de "Responsabiliser les acteurs de la recherche". Ce qui sous-entend sans doute que lesdits "acteurs" n'étaient pas jusque là responsables. Il s'agirait "d'accroître la réactivité de l'organisme et renforcer sa capacité d'évolution". Objectif pas du tout spécifique et même tout à fait discutable s'agissant des activités intellectuelles. En effet, cette belle métaphore biologique s'applique tout autant à n'importe quelle entreprise. *Journal du CNRS* hors série Juin 2002, page 7. Est-ce au nom de la responsabilité du chercheur que Pierre-Henri Gouyon a été relevé de sa fonction de directeur scientifique adjoint du département Sciences de la vie du CNRS pour avoir témoigné au procès contre les responsables de destruction des parcelles d'essai de maïs OGM ?

2- Dans les deux cas (il faudrait avoir ici des indications quantitatives) le volume des investissements a explosé par rapport au stade antérieur de l'organisation de la discipline. D'un point de vue économique, contrairement à une idée reçue, l'essentiel est qu'à cette époque c'est l'industrie, notamment l'industrie lourde, qui est appliquée à la science et non l'inverse et ceci est mené de haut en bas, scientifiquement et financièrement par les Etats. Ce modèle d'organisation du travail scientifique a en fait vu le jour à la fin du XIXe siècle dans le laboratoire des basses températures de Leyden créé par Kammerlingh Onnes pour gagner la course à la liquéfaction de l'hélium contre James Dewar mais n'avait pas eu jusqu'au projet Manhattan valeur de modèle[5].

3- Il y a dans les deux cas une recomposition de la force de travail : intervention massive des ingénieurs dans la physique nucléaire comme aujourd'hui d'informaticiens et d'ingénieurs dans le séquençage automatique et simultanément une ultra spécialisation.

4- La technicisation croissante s'accompagne d'un abandon plus prononcé de la fonction critique, les scientifiques ne sont plus des intellectuels. Qu'ils l'aient été pour certains est évident, Einstein, Poincaré, Szilard, Russell, Monod, Medawar en témoignent et cette liste n'est en rien exhaustive.

5- En même temps, malgré plus de soixante ans de "big science" et cinquante de biologie moléculaire subsiste en matière de gestion des développements techniques une ignorance crasse des rudiments de l'économie au moment même où le jargon managérial sert de bouche trou à l'absence de pensée . Aujourd'hui les mérites de la transgenèse sont vantés comme hier ceux des applications de la physique nucléaire ("Atoms for Peace", énergie à bon marché, etc.).

6- Enfin, mais ce n'est plus un parallèle : ce sont maintenant les sciences de la vie qui prennent le pas socialement et budgétairement sur la physique lourde. Avec la physique des hautes énergies, l'intervention de l'Etat était décisive et a fourni un élément de plus aux relances keynesiennes. Cependant il n'y avait pas de problème aigu de propriété intellectuelle comme cela semble être le cas en biologie végétale puisque, malgré l'implication de l'industrie privée, le seul client était l'Etat. Avec la génétique moléculaire, un peu comme ce fut le cas avec l'industrie informatique lors de son passage des mégasystèmes aux ordinateurs individuels, la demande sociale dominante est celle des entreprises et des particuliers. Les Etats jouent désormais un rôle moins important et c'est congruent avec le rebond néolibéral en économie. Cependant il faut garder le sens des proportions. Malgré toute l'excitation autour des nouvelles technologies et le succès du motto abusif et stupide de "15% de retour annuel sur investissement dans l'innovation technique", même aux USA, en 1999, le financement privé a représenté moins de 8% des ressources de la recherche universitaire en physique, et de plus ces 8% étaient concentrés dans seulement quelques secteurs.[6]

7- Les relations avec le reste de la société, hier de la "big science" et aujourd'hui de la génétique moléculaire, sont forts différentes dans l'un et l'autre cas comme nous le verrons plus loin.

Bien qu'il soit encore présent dans la tête de beaucoup de physiciens des hautes énergies, le modèle de la "big science" semble bien avoir épuisé son capital propre d'attraction intellectuelle. Ce modèle a pendant longtemps éclipsé la petite physique. Cette "petite physique" a développé une activité théorique très significative. Elle a même apporté à celle des particules des concepts fondamentaux comme la brisure de symétrie[7] ou la signification physique de la phase dans les grandeurs décrites par une amplitude complexe. S'agissant des fameuses applications, la petite physique peut aussi être créditée d'indéniables succès depuis les années cinquante : plastiques et métallurgie fine, semiconducteurs, magnétisme, laser et pompage optique pour ne citer que ceux d'entre eux qui donnèrent naissance à des volumes considérables d'activité industrielle. Le paradoxe que nous vivons encore assez largement en France, c'est que la physique nucléaire a maintenu en vie l'appareil économique moderne sur le modèle de l'industrie lourde traditionnelle avec la militarisation et les centrales nucléaires. L'allocation importante de capitaux et de main d'œuvre qualifiée que ces

[5] Jean Matricon et Georges Waysand, *La guerre du froid, une histoire de la supraconductivité*, Seuil (Paris, 1994), page 39.
[6] Norman Metzger, dans la revue *Physics Today* de la société américaine de Physique (APS), Janvier 2002, page 54.
[7] Si un crayon est posé verticalement sur un plan l'ensemble a une symétrie axiale , si maintenant le crayon tombe sur le plan il ne reste plus qu'une symétrie dans le plan. L'ensemble crayon+plan a subi une transformation de phase qui s'est accompagnée d'une réduction de la symétrie du système.

développements techniques requéraient dans une période de pénurie relative d'ingénieurs et de techniciens a pesé très lourd sur notre politique industrielle et n'a rien à voir avec le débat sur les mérites comparés des entreprises publiques ou privées. Dans le même temps, la petite physique a finalement été la matrice des techniques qui aujourd'hui sont les plus synonymes de modernité, robotique, électronique, télécommunications, informatique et qui sont celles qui, pour le meilleur et pour le pire ont engendré la mise en place des nouvelles formes d'organisation de la production et de sa gestion.

Depuis presque dix ans (depuis le jour de 1993 où le Sénat américain refusa la construction du super collisionneur supraconducteur au Texas (le Superconducting Super Collider SSC)) s'élèvent du côté de la physique lourde, la guerre froide étant finie, des discours défensifs qui ne manquent pas de sel et prennent la place des discours conquérants d'hier. L'invention verbale fleurit. On ne dit plus : physique des particules et des hautes énergies mais : cosmoparticules. L'appellation souligne certes le rapport à la cosmologie et en même temps se rattache à un discours sur les origines qui touche bien évidemment l'imaginaire du grand public sur un mode pas vraiment rationnel. Du côté des techniques aussi, les modes d'énonciation ont fait peau neuve. L'imagerie à résonance magnétique nucléaire n'est plus depuis Tchernobyl que de la résonance magnétique pour ne pas faire peur au patient quand il se fait tripoter ses noyaux atomiques. Enfin, même *Physics Today* dans son numéro de septembre 2002 publie un article intitulé "Physics in crisis". Quelle crise ? Le contexte épistémologique de la physique est stable ce qui du coup ne permet pas de hiérarchiser les questions qui se posent à elle. Ne serait-ce pas plutôt que nous avons affaire à une stagnation relative dans l'attente de jours meilleurs, stagnation couplée à une perte de prestige social de la physique ?

3. Rhétoriques dans le développement scientifique

Hier comme aujourd'hui est mise en œuvre – et les scientifiques en furent les créateurs et en sont des acteurs vigoureux – une représentation de la science qui est une véritable rhétorique. Cette rhétorique n'est pas un simple "miroir dans lequel se reflèteraient les structures de la compréhension" comme le suggère une expression de H.G Gadamer [8]. Elle est rhétorique de la monstration dans nos publications, mais aussi rhétorique de la persuasion dans nos enseignements... et nos demandes de crédits. Rhétorique dont nous avons besoin pour convaincre, rhétorique dont nous avons aussi besoin pour comprendre, pour être nous même convaincus. Hier comme aujourd'hui, son objectif est clair : tenir le langage du vraisemblable pour nous faire admettre ce qu'on croit être vrai. Elle ne remplace pas une démonstration en bonne et due forme mais même Poincaré (je ne retrouve plus où), ce qui peut paraître paradoxal pour un mathématicien, a souligné l'importance du choix des mots pour permettre des généralisations plus aisées. Croire au nom d'un moralisme douteux qu'on peut se passer de toute forme de rhétorique serait assimiler les labos à des dortoirs. Et si nous nous introspectons un peu nous savons bien que nous utilisons au moins deux rhétoriques, celle impersonnelle de nos publications qui se fondent dans un moule commun parfois très strict comme chez les biologistes et puis celle, plus relâchée, de la rhétorique de la communication directe entre membres d'un même domaine, celle des discussions dans les couloirs des laboratoires et des congrès où le sujet reprend sa place et la parole.

En dehors de la répétition des évidences déjà établies, la connaissance d'une vérité nouvelle est une expérience, non pas au sens d'une expérimentation scientifique mais bien d'une compréhension de ce qui en nous résiste au changement des habitudes de penser. Bachelard rapporte comment Voltaire se moqua de Madame du Châtelet qui essayait (bien en avance sur son temps) de voir s'il n'y avait pas un équivalent mécanique de la chaleur en lui demandant pourquoi les vents *violents* du Nord ne produisent pas de la chaleur[9]. Cet exemple le montre, l'expérience en question n'est pas non plus une expérience intérieure, qui en ce cas serait indifféremment vraie ou fausse. Il s'agit de la résistance à un changement de point de vue par rapport à ce qu'on tient pour vrai ; il s'agit de comprendre qu'on n'avait pas compris ou qu'on croyait avoir compris.

[8] H.G. Gadamer, cité par Jean-Claude Gens : *La rhétorique enjeux et résurgence*, sous la direction de Jean Gayon, Jean-Claude Gens et Jacques Poirier, éditions Ousia (Bruxelles, 1998), page 225.
[9] Gaston Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique*, sixième édition, Librairie philosophique J.Vrin (Paris, 1969), page 218.

Une des difficultés que nous rencontrons c'est que d'une part – pour faire simple – dans le strict exercice professionnel pour montrer la pertinence de ce que nous avons fait, ou celle des conclusions auxquelles nous sommes arrivés, nous exerçons une rhétorique "régulée" par les usages et les referees. D'autre part, dans la socialisation de notre activité nous ne faisons qu'évoquer ces procédés et souvent avec de grandes libertés pour faire comprendre ce qu'il y a de neuf à des non scientifiques . Le premier jésuite qui montra un thermomètre à l'empereur de Chine ne disposait pas lui-même d'une notion claire de la température. Au souverain qui lui demandait à quoi servait cet instrument, il répondit : à mesurer le yin et le yang. Ayant correctement prédit une éclipse, il fut sur le champ nommé chef de l'observatoire impérial. Ce n'est pas si différent de promettre de l'énergie à bon marché mais cela permit à un de vos collègues (il était aussi botaniste) Terrentius alias Johann Schreck (1576-1630), ami de Galilée devenu jésuite pour pouvoir aller en Chine, de faire de belles observations astronomiques avec les instruments de bronze qu'il fit construire sur les terrasses de la Cité Interdite[10]. Sa rhétorique, même si elle avait pris la formule d'un opuscule en chinois rédigé spécialement pour l'empereur, est celle de la popularisation de nos acquis ou de nos questions. C'est une troisième rhétorique, pas sans rapport avec les précédentes évidemment, mais nécessairement plus arbitraire.

Si je fais ce détour par la rhétorique ou plutôt les rhétoriques, c'est que le recours aux notions de coupure et de continuité est un procédé rhétorique. Ces notions ne sont pas propres aux sciences de la nature. Bien évidemment elles partent d'expériences quotidiennes qui sont parfois devenues proverbiales : la goutte d'eau qui fait déborder le vase ; la goutte de trop, cet infiniment petit à l'échelle du quotidien c'est elle qui fait qu'on va dire "ça déborde", situation nouvelle face au processus continu qu'est le remplissage. Situation analogue de discontinuité engendrée par une variation continue : un quart d'heure avant sa mort il vivait encore gravèrent désolés les amis de la Palice sur sa pierre tombale.

4. Archéologie sommaire des notions de rupture et continuité : Une philosophie implicite de l'histoire

Ce n'est pas à leur inscription dans la quotidienneté matérielle que ces notions de rupture et continuité que nous utilisons sans trop y réfléchir doivent leur succès dans le domaine intellectuel. Ce succès tient au fait que rupture et discontinuité renvoient implicitement à des représentations du temps qui s'écoule et à une philosophie de l'histoire. Philosophie assez pauvre mais à laquelle des hommes de science fameux contribuèrent et qui a eu une forte influence. Elle suppose un sens à l'histoire. Un sens qui est en fait caché pour les acteurs mêmes de cette l'histoire. Comme Horkheimer le souligne :

> L'essence de toute philosophie de l'histoire authentique c'est que derrière la confusion vécue de la vie et de la mort puisse se reconnaître une intention cachée et bienveillante, à l'intérieur de laquelle le fait individuel, apparemment incompréhensible et absurde a une place et une valeur entièrement déterminées.

Dans les cultures européennes, l'idée de philosophie de l'histoire n'apparaît vraiment qu'au XVIIIe siècle. Il en va des pères fondateurs de la philosophie de l'histoire comme des premiers principes en physique : chacun sait qu'ils existent mais quand il faut en dresser la liste chaque interlocuteur a la sienne (pour Henri Poincaré il y en a cinq ou six)[11]. Ceux qu'on donne pour pères fondateurs ne nous éloignent pas de notre sujet : ils se sont tous réclamés des sciences, certains même les pratiquèrent. Le père fondateur pour Horkheimer et beaucoup d'autres[12] est Giambattista Vico (1668-1744) qui, ô surprise, était professeur d'éloquence c'est-à-dire de rhétorique à l'université de Naples. Pour Vico auteur de la *Science Nouvelle* publiée pour la première fois en 1725 et qui n'obtint pas avant longtemps

[10] Communication privée de Isaïa Iannaccone, auteur de *Johann Schreck Terrentius. Le Scienze rinascimentali e lo spirito dell'Academia dei Lincei nella Cina dei Ming*, Istituto Universitario Orientale (Napoli, 1998). Selon Iannaccone, il n'est pas impossible que Schreck qui était un excellent botaniste ait participé à la réédition révisée vers 1640 du fameux traité de pharmacopée de Li Shizhen, grande figure de la science chinoise (1518-1593), le *Ben Cao Gang Mu.* Voir I. Iannaccone *Storia e civiltà della Cina Cinque lezioni*, Libreria Dante e Descartes (Naples, 1999), page 118.

[11] Henri Poincaré, *La Valeur de La Science*, Ernest Flammarion (Paris, 1905), page 176.

[12] Au nombre desquels il faut évidemment compter Karl Löwith, dont vient enfin de paraître en français (sans index) plus de cinquante ans après sa première parution, *Histoire et Salut*, dont le sous-titre éclaire l'intention : *les présupposés théologiques de la philosophie de l'histoire*, Gallimard (Paris, 2002).

un index de citations quantitativement honorable, la science nouvelle c'est précisément l'histoire humaine. Pour lui, toutes les nations passent par trois stades : l'ère des dieux, l'ère des héros puis l'ère des hommes caractérisée par la pensée philosophique et les codes législatifs. Pour Horkheimer la *Science Nouvelle* :

> "… se propose en effet de montrer que la Providence règne dans l'histoire humaine et qu'elle réalise ses buts au travers des actions des hommes sans que ceux-ci en aient pleinement conscience et sans qu'il soit nécessaire qu'ils la possèdent"[13].

Pour Cassirer (1874-1945) en revanche, le père Fondateur c'est Leibnitz, auteur d'une thèse en droit qui fut refusée puis inventeur du calcul différentiel mais aussi auteur de la *Monadologie* (écrite en français). Évoluant dans un monde d'harmonie préétablie par le Créateur, les monades sont des entités sans interaction entre elles. Dans leur nombre, il y aurait "les âmes raisonnables" d'où cette philosophie du progrès :

> Pour que la beauté et la perfection universelle des œuvres de Dieu atteignent leur plus haut degré, tout l'univers il faut le reconnaître, progresse perpétuellement et avec une liberté entière, de sorte qu'il s'avance toujours vers une civilisation supérieure.

Au milieu de cet enthousiasme Leibnitz n'oublie pas, contre les sceptiques, de justifier son optimisme en invoquant… le calcul différentiel pour asseoir son argumentation :

> Objectera-t-on qu'à ce compte il y a bien longtemps que le monde devrait être un paradis ? La réponse est facile. Bien que beaucoup de substances aient déjà atteint une grande perfection, la divisibilité du continu à l'infini fait que demeure dans l'insondable profondeur des choses des éléments qui sommeillent, qu'il faut encore réveiller, développer, améliorer et, si je puis dire, promouvoir à un degré supérieur de culture. C'est pourquoi le progrès ne sera jamais achevé .[14]

Les prémisses et le raisonnement peuvent nous sembler étranges, la conclusion est une musique familière mais Leibnitz, évidemment, pensait les deux à la fois. Se retrouve bien ici un présupposé théologique et téléologique de la philosophie de l'histoire[15].

Les métaphores mécaniques ont la vie dure. Grand historien anglais des civilisations d'inspiration chrétienne Toynbee (1889-1975) eut ainsi recours aux cycloïdes :

> Si la religion est un chariot, on dirait que les roues grâce auxquelles il s'élève vers le ciel correspondent aux chutes périodiques des civilisations sur la Terre. Il semble que le mouvement soit périodique et récurrent, tandis que le mouvement de la religion semble une ligne ascensionnelle continue. Le mouvement continu de la religion vers le haut est sans doute aidé et favorisé par le mouvement cyclique des civilisations : naissance, mort, naissance[16].

En France, c'est avec Voltaire que la philosophie de l'histoire sera popularisée, auquel répondra en Allemagne Herder avec précisément *Une autre philosophie de l'Histoire*. Dans les deux cas il s'agit jusque là de systèmes philosophiques, somme toute d'une conception de l'histoire presque sans historien. Ce qui n'empêche pas que l'un et l'autre eurent une grande influence sur leurs cultures respectives… et sur les relations franco-allemandes. C'est en fait dans les sciences de la nature que va se concrétiser la notion d'histoire avec *L'histoire de la Terre* que Buffon fit paraître en 1744 et qui fit, paraît-il, scandale.

Au total, ce n'est trop forcer le trait que de dire qu'une périodisation lâche et l'idée d'un cours continu sont à peu près acquises au XVIIIe grâce, entre autres, à des savants qui y apportèrent leur contribution, non point par les résultats de leur activité scientifique que nous tenons encore pour valables, mais par leurs conceptions du monde dont nous sommes très éloignés. Bien qu'elle ait été enfantée par des systèmes aux fondements si arbitraires, on aurait pu s'attendre à ce que l'idée de progrès s'améliorât. Il n'en a rien été, l'idée de progrès n'a guère fait de progrès.

---

[13] Max Horkheimer, *Les débuts de la philosophie bourgeoise de l'histoire* (1970), cité par Alain Renaut dans sa présentation d'*Histoires et Cultures* de Johann Gottfried Herder, GF Flammarion (Paris, 2002), page 27. Alain Renaut remarque que dans un autre passage Horkheimer attribue à Machiavel le mérite d'avoir créé "la philosophie de l'histoire de l'époque moderne", ce qui est voisin mais n'est pas stricto sensu une philosophie de toute l'histoire.

[14] Gottfried Wilhem Leibnitz, in *L'origine radicale des choses* 1697, dans *Opuscules philosophiques choisis*, page 92, Librairie philosophique J.Vrin (Paris) qui orthographie Liebniz.

[15] Voir Karl Löwith, opus cité.

[16] A.J.Toynbee, *La civilisation à l'épreuve*, Gallimard (Paris, 1951), page 254 ; cité par Karl Löwith, opus cité, page 39.

1789 va changer la donne. Dans les affaires humaines, sur le modèle des cycles naturels (les astres et les saisons) le mot révolution jusque-là désignait l'idée de variation cyclique du pouvoir (pour les bouleversements politiques aux Pays-Bas on parlait couramment des révolutions en Hollande). Il va devenir synonyme de changement de régime. Il y eut là l'expérience d'une coupure historique qui paradoxalement va d'abord trouver plus d'écho dans les domaines artistiques.

Au début du XIXe en effet, peut-être parce que même dans les classes dominantes les témoins d'une histoire immédiate avaient autre chose à faire que de penser à leur inscription dans le cours des siècles, c'est d'abord dans les courants artistiques que les notions de périodisation, rupture et continuité vont occuper le devant de la scène, devenir des notions plus familières avant de s'inscrire dans l'histoire des sciences. Ce sont les romantiques qui inventent la notion d'art classique pour mieux se singulariser, d'où, évidemment, la coupure qu'ils revendiquaient avec leurs prédécesseurs[17]. Dans la préface de Cromwell (1827) Hugo y va d'une division fantaisiste de l'histoire en trois grands âges bien connue de nos collègues littéraires : les temps primitifs sont lyriques, les temps antiques sont épiques, les temps modernes sont dramatiques. Et pour commencer prévient-il, le futur ne sera plus ce qu'il a été :

> "Une autre ère va commencer pour le monde et pour la poésie"[18].

Ainsi Hugo – conservateur en politique – fut révolutionnaire au théâtre.

En revanche, plus tard dans le siècle, influencée par le modèle de scientificité qu'offraient les sciences de la nature, la conception dominante en histoire va s'inscrire du côté de la continuité. Les historiens, notamment en Allemagne, Ranke (1795-1856) et Treitschke (1834-1896) (auquel nous devons le jadis fameux "Que réclamons-nous de la France ? L'Alsace" et aussi un antisémitisme bon teint) empruntent aux sciences de la nature de leur époque trois traits majeurs :

1- une croyance en l'objectivité des faits (qui c'est bien connu parlent d'eux-mêmes) ce qui amène les historiens à concevoir le fait historique sur le modèle du fait scientifique.

2- la méthode inductive c'est-à-dire celle qui accumule les faits pour en déduire une tendance générale.[19]

3- la conception d'un temps newtonien c'est-à-dire un temps continu et linéaire où peuvent s'enchaîner causes et effets.[20]

La reconstitution du passé dans ce cadre épistémologique est donc tenue pour vraie et du coup l'extrapolation au futur ne pose pas de problème : le progrès allait continuer comme Leibnitz le pensait déjà. L'historicisme puisqu'il faut l'appeler par son nom est donc à la fois un positivisme avant la lettre et un progressisme acritique. Sommes-nous certains de ne jamais y succomber quand nous parlons dans des débats publics de l'évolution de nos disciplines ?

DIGRESSION : Ajoutons, qu'ici aussi il faut se garder des placages politiques sommaires et identifier par exemple les aspirations socialistes au progressisme. Dans le Dictionnaire des idées politiques de Dubois, (publié chez Larousse dans les années 60-70 si je me souviens bien mais je ne l'ai pas sous la main) à la rubrique "Progrès" se trouvaient ces citations, l'une peu connue de Lamartine : "Le progrès est une idée creuse et vide de sens" et aussi je crois celle plus souvent citée et moins châtiée de Marx dans L'Idéologie allemande : "Le progrès est une catégorie réservée aux imbéciles". Ce qui n'empêchait pas Marx de condamner les luddistes qui cassaient leurs machines pour faire valoir leurs revendications.

Symétriquement Jacob Burckhardt, avocat de la continuité en histoire était sans nul doute conservateur. Sa réaction contre (déjà !) la massification et la standardisation qui lui paraissaient inéluctables ne manque pourtant pas d'intérêt. Karl Löwith cite ces extraits de la correspondance que Burckhardt entretint après la guerre de 1870 avec son ami Friedrich von Preen :

> *J'ai un pressentiment qui pour l'instant sonne encore comme une sottise et dont je ne puis cependant me défaire : l'Etat militaire doit nécessairement devenir un grand industriel. Ces concentrations d'hommes dans les grands ateliers ne peuvent éternellement être abandonnés à leur avidité et à leur détresse ; un certain degré contrôlé de misère, combiné avec de l'avancement, entamé et décidé chaque jour en uniforme et sous les roulements de tambour, voilà ce qui logiquement devrait advenir […].Une longue subordination volontaire à quelques chefs et usurpateurs se profile. Les gens ne croient plus à des*

[17] Henri Focillon, *Vie des formes* (Paris, 1943 reédité en 1970), page 99.
[18] Victor Hugo, *Préface de Cromwell*, Nouveaux classiques, Larousse (Paris, 1972), page 36.
[19] Et peut-être que cet exposé lui-même tombe dans ce travers inductif.
[20] Stéphane Moses, *L'ange de l'Histoire Rosenzweig, Benjamin, Scholem*, Le Seuil (Paris, 1992), page 98.

principes, mais il est probable qu'ils croiront périodiquement en des rédempteurs [...]. Pour cette raison l'autorité relèvera la tête en ce XXe siècle réjouissant, et cette tête sera effrayante.[21]

Les coupures sont indispensables à la compréhension de l'histoire si celle-ci se veut autre chose qu'une chronologie des événements, une évolution linéaire ou une téléologie. En histoire de l'art, parce qu'il est manifeste que la notion de progrès y est de peu de poids (ce qui n'empêche pas qu'ait été assez récemment forgé le néologisme d'art premier) c'est directement du côté de la rupture que se trouvent les contributions intéressantes. Ainsi Henri Focillon en 1943 oppose le flux de l'histoire au contretemps de l'événement qu'il qualifie de "brusquerie efficace". Mais avant Focillon, en Allemagne puis en France, dès 1926-29 Carl Einstein (rien à voir avec Albert, Carl vécut de 1885 à 1940)[22] élabora cette analyse aiguë qui parut dans ses *Notes sur le cubisme*, analyse qui vaut tout autant pour les domaines qui nous préoccupent ici, il suffit d'y remplacer "art" par "sciences" :

> Nous constatons qu'il y a un abîme entre l'histoire de l'art et la science de l'art, et que ces deux disciplines sont devenues trop précaires. Lorsque l'histoire de l'art veut être plus qu'un calendrier, elle se sert de jugements et de notions dont le fondement n'est pas donné, mais qu'on emprunte tout à fait naïvement. Les œuvres particulières se fondent dans ces notions en des généralités sans contours et le fait concret se dissout en une sorte de vague esthétisme, tandis que d'autre part les milles anecdotes et dates de l'histoire de l'art ne touchent en rien aux questions techniques et aux formes mêmes de l'œuvre d'art. On arrive finalement à une psychologie anecdotique qui transforme l'histoire de l'art en roman.[23]

Enfin, les notions de coupure et d'évolution arrivèrent en histoire des sciences (c'est Karl Manheim (1893-1947) qui fonde la sociologie de la connaissance). Avec Carl Einstein nous n'en sommes pas si loin que cela puisqu'une de ses grandes sources d'inspiration était Ernst Mach, excellent thermodynamicien de la fin du XIXe et du début du XXe siècle (le nombre de Mach des vols supersoniques, c'est lui) mais plus connu comme philosophe sensualiste des sciences[24]. Dès 1886 Mach avait écrit :

> Les idées ne se forment pas soudainement, elles ont besoin de temps pour se développer comme tous les êtres naturels… Lentement, progressivement, et péniblement une conception se transforme en une autre comme il est probable qu'une espèce animale se constitue en des espèces nouvelles"[25]

L'idée de changement d'état (pour parler comme un physicien) et celle d'évolution ne sauraient être plus clairement associées, ce qui est une manière de dépasser l'opposition entre rupture et continuité sans faire de pseudo-mécanique. L'emploi de "comme" par Mach souligne bien que nous sommes dans la métaphore, la figure rhétorique la plus fréquente. Mais Mach, bien que traduit en français, ne rencontrera pas chez nous un écho significatif en dehors des cercles de spécialistes. À en croire les nombreuses fulminations de Bachelard, c'est Meyerson qui fut en France le défenseur des évolutions lentes, de la continuité. Et peu à peu s'est ainsi forgée une opinion péjorative : les défenseurs de la

---

[21] Cité par Karl Löwith, opus cité, page 47.

[22] Ami entre autres de Gide, Kahnweiler, Bataille, Leiris, Carl Einstein avait refusé un poste de professeur d'histoire de l'Art en 26 au Bauhaus et émigra en France en 28. C'est l'année suivante qu'il publia ses *Notes sur le cubisme*. Il combattit en Espagne dans la colonne Durruti ce qui lui interdit de traverser l'Espagne en 1940. Comme Benjamin, il se suicidera. À Kahnweiler il avait écrit :"Je sais ce qui va se passer. On va m'interner et des gendarmes français nous garderont. Un beau jour ce seront des SS. Mais ça, je n'en veux pas je me foutrai à l'eau". Cité par Philippe Dagen "Le Monde" supplément "Le Monde des Livres" page I, 1er novembre 2002.

[23] Carl Einstein, revue *Documents*, 1929 n°3, page 146, repris dans *Ethnologie de l'Art moderne* de Liliane Meffre éditions André Dimanche (Marseille, 1993), page 26. Sur Carl Einstein, lire le très bel essai de Georges Didi-Huberman "l'image combat" dans *Devant le temps*, Editions de Minuit (Paris, 2000), pages 159 à 231. Par ailleurs, Liliane Meffre vient de faire paraître une biographie *Carl Einstein, 1885-1940, Itinéraire d'une pensée moderne*, Presses de l'Université de Paris-Sorbonne (Paris, 2002).

[24] De Mach, dont il a reconnu pourtant qu'il fut celui qui libéra son inspiration, Einstein (Albert) a pu dire :
"Je vois sa faiblesse dans le fait qu'il croyait peu ou prou que la science consistait à mettre de l'ordre dans le matériel expérimental, c'est-à-dire qu'il a méconnu l'élément constructif libre dans l'élaboration d'une notion. Il pensait en quelque sorte que les théories sont le résultat d'une *découverte* et non d'une *invention*. Il allait même si loin qu'il considérait les "sensations" non seulement comme un matériel concevable, mais dans une certaine mesure, comme les matériaux de construction du monde réel ; il croyait pouvoir combler ainsi le fossé qu'il y a entre la psychologie et la physique. S'il avait été tout à fait conséquent, il n'aurait pas dû refuser l'atomisme, mais aussi l'idée d'une réalité physique. *Einstein, le livre du centenaire*, sous la direction de A.P. French, éditions Hier et Demain (Paris, 1979), pages 272-273.

[25] Cité en note 147, page 209, de l'essai de Georges Didi-Huberman mentionné ci-dessus. Didi-Huberman l'a lui même trouvé cité par Paul-Laurent Assoun dans "Robert Musil lecteur de Mach", Préface à Robert Musil, *Pour une évaluation des doctrines de Mach* (1908), traduction M.F. Demet, PUF (Paris, 1985), page 28 en note ; ouf !

continuité étaient par nature des conservateurs ou des attardés tandis que les partisans de la notion de coupure se donnaient le mérite de l'analyse pertinente. Pourtant l'école des *Annales* en étudiant les durées longues a montré que, tout autant que les innombrables analyses des "révolutions du XIXe siècle", ce style de recherche fournit un panorama d'ensemble de l'évolution de nos sociétés à l'ère de la Révolution industrielle.

Toutefois deux objections subsistent : même l'examen de la longue durée n'élimine pas la présence du temps présent. Les perspectives et les questions qu'on se pose sont évidemment dépendantes du point de vue et du moment considérés. Et, deuxième objection, il faut bien avouer une certaine lassitude devant la répétition de travaux menés avec tout le sérieux nécessaire, mais qui ressemblent à des séries de mesures systématiques sans hypothèse de travail. Il est utile de savoir par une série climatique reconstituée que les récoltes ne furent pas fameuses à la veille de la Révolution, ça ne justifie pas pour autant une accumulation de données météorologiques dans chaque province française à d'autres périodes. D'où, depuis le début du XXe siècle dans divers domaines des sciences humaines la tentative de dépasser l'historicisme en remplaçant la reconstruction d'une évolution par celles de structures[26]. Entre 25 et 30 parurent *La morphologie du conte* de Prop, *Le déclin de l'Occident* d'Oscar Spengler qui est sous-titré *Esquisse d'une morphologie de l'histoire universelle* et *L'origine du drame baroque allemand* de Walter Benjamin (thèse de doctorat refusée). Il s'agit de s'écarter des descriptions de l'histoire conçue comme le cours d'un fleuve et d'au contraire se concentrer sur des fragments de celle-ci. Le travail de Benjamin porte en exergue cette superbe citation de Goethe extraite des *Notes pour la théorie des couleurs* :

> Comme il est impossible d'atteindre la totalité, que ce soit par l'intermédiaire du savoir ou par celui de la réflexion, car celle-ci est dépourvue d'extériorité et celui-là d'intériorité, nous devons nécessairement penser la science comme un art, pour autant que nous souhaitions accéder par elle à quelque forme de totalité. Mais nous n'avons pas à chercher celle-ci dans la généralité, la surabondance ; au contraire, de même que l'art se montre tout entier dans chaque œuvre particulière, de même la science devrait se manifester toute entière dans les objets qu'elle étudie.[27]

Ce que Benjamin commente :

> (Mais) cette discontinuité de la méthode scientifique, bien loin de déterminer un stade inférieur, provisoire de la connaissance, pourrait au contraire, pour cette raison même, avoir un effet positif sur la théorie (*ici la philo, GW*), si elle n'en était pas empêchée par cette prétention de s'approprier la vérité, laquelle demeure une unité sans failles, en englobant toutes les connaissances de manière encyclopédique.[28]

En fait, dans notre monde intellectuel français ce sont Bachelard et dans une moindre mesure Canguilhem qui connurent un succès qui dépassa de loin le jardin enchanté des souvenirs scolaires. Pour la génération des littéraires des années soixante la coupure bachelardienne acquit une renommée extra-épistémologique grâce à son transfert dans le champ de l'herméneutique marxienne (l'interprétation des textes de Marx) par Louis Althusser. Il en alla différemment chez les jeunes scientifiques d'alors. Pour eux, ce fut la découverte de *La structure des révolutions scientifiques* de Kuhn parue en 1963 qui semblait offrir une approche étonnamment concrète de leur vécu dans un pays qui, à cause du conservatisme de son système d'enseignement supérieur et des pertes de la guerre, leur avait très péniblement servi un enseignement indigeste et souvent mal dominé de la mécanique quantique. C'est chez Kuhn (qui avait une pratique initiale de physicien théoricien fort solide) qu'on trouve les notions complémentaires de paradigme, c'est-à-dire de conception dominante dans un champ disciplinaire et de rupture épistémologique, c'est-à-dire de changement de paradigme. Cette description est purement phénoménologique, le changement de paradigme n'est pas théorisé car en fait non théorisable, sauf d'un point de vue épistémologique, et donc au cas par cas. D'où l'impression qu'il repose sur des personnalités d'exception, un peu comme dans les histoires de sciences édifiantes qu'étaient les "histoires de l'oncle Paul" dans je ne sais plus quel hebdomadaire de bande dessinée pour enfants des années cinquante.

---

[26] Stéphane Moses, *L'ange de l'Histoire Rosenzweig, Benjamin, Scholem*, Le Seuil (Paris, 1992), pages 127 et 128.
[27] Walter Benjamin, *Origine du drame baroque allemand*, traduit par Sibylle Muller (avec le concours d'André Wirth), Flammarion (Paris, 1985), page 23 ; la traduction dans le livre de Stéphane Moses est plus élégante.
[28] Walter Benjamin, *Origine du drame baroque allemand*, Flammarion (Paris, 1985), page 30.

Du coup, si séduisantes qu'elles soient, les catégories proposées par Kuhn sont bien voisines de la rhétorique comme l'a fait remarquer Gadamer. Si en histoire de l'art, avec Carl Einstein nous avons l'exemple incroyablement fructueux d'une analyse historico-critique contemporaine des phénomènes artistiques qu'elle étudie, aucun historien des sciences et aucun philosophe des sciences n'a jamais prétendu être en mesure de fournir une contribution significative dans le moment même du développement. Il n'y a coupure que dans un regard un tant soit peu rétroactif, ce qui définit implicitement une échelle de temps. Du passé, l'activité scientifique ne prétend pas faire table rase ; elle se contente de l'ensevelir notamment aujourd'hui sous un flot de publications de contenu effectif souvent réduit. Rupture et paradigme sont des catégories généralisantes qui à chaque fois doivent être étudiées en tant que telles. Faute de ce travail, elles restent de l'ordre de la métaphore, de l'esquisse d'une perspective. Les employer sans plus de précaution comme nous le faisons tous les jours, c'est paresseusement reconduire une opposition mécaniste qui en dernier ressort ne rompt pas avec l'idéologie du progrès[29]. Puisque le présent est le futur d'hier, un simple regard rétrospectif nous enseigne qu'il est rarement ce qu'on a cru qu'il serait. Restons laïc : il n'y a pas de sens de l'histoire, ne soyons pas, nous scientifiques, les derniers à nous en apercevoir.

5. Ruptures et Continuités dans les relations entre Sciences et Sociétés : De l'optimisme aux doutes

La difficulté, rappelée dans ce colloque, avec laquelle la génétique s'est implantée dans l'université française, illustre bien que les métaphores de ruptures et continuité n'ont pas qu'un usage temporel pseudo-historique. Elles sont aussi utilisées pour décrire des situations sociales et notamment les rapports entre disciplines scientifiques. Je laisserai de côté la tarte à la crème interdisciplinaire (conduite effective de nos institutions : en parler toujours, la mettre en œuvre le moins possible) pour me concentrer sur ce qui est sous-jacent à cette rencontre, les relations sciences – au pluriel – et société. En quoi aujourd'hui diffèrent-elles de ce qu'elles furent à l'époque de la big science ? L'intervention des Etats dans le développement technico-scientifique sans laquelle il n'y aurait jamais eu de big science avait déjà commencé avant la naissance de celle-ci, même si on était loin de soupçonner l'ampleur qu'elle allait prendre et donc du poids des relations entre sciences et société.

Une image résume bien la situation d'alors, celle des frères Marx dans *Une nuit à l'Opéra*. Le sous-entendu comique implicite qu'elle contenait à la sortie du film en 1935 est complètement perdu pour le public actuel qui n'y voit plus qu'une ruse de nos compères pour échapper aux policiers qui, comme d'habitude, sont à leurs trousses. Elle ne fait aujourd'hui rire qu'au premier degré. Pourtant elle représente trois faux barbus déguisés en aviateurs soviétiques qui ont pris la place de vrais aviateurs accueillis en grande pompe (on peut imaginer une "ticket parade") par le maire de New York. C'est en fait une pique contre la spectacularisation des vols aériens transcontinentaux de l'époque et à la compétition entre les Etats pour faire étalage de leur puissance technique (y participèrent l'Italie, l'Allemagne, l'Union Soviétique et les Etats-Unis).

Pour qu'il y ait propagande par la spectacularisation de la technique, encore faut-il que le contexte soit favorable. C'était le cas. Malgré l'usage des gaz dans les tranchées de la guerre 14-18, l'exaltation de la technique fut possible parce qu'il y avait une adhésion massive du public à une vision positiviste de la science largement exploitée à des fins nationalistes par les Etats depuis la fin du XIXe (rôle de Pasteur en France et de Koch en Allemagne). Ainsi Einstein, ironie du sort, encore en 1922, sera chahuté par la presse parisienne lors de sa visite au Collège de France parce qu'il était le "représentant de la science allemande".

[29] Le recours à l'idéologie du progrès n'est pas toujours naïf. J'avais à peine été contacté pour cet exposé que le hasard d'un courrier publicitaire m'apprenait qu'en janvier 2001 s'est tenu à l'UNESCO le XIIe congrès de la SFSIC, Société Française des Sciences de l'Information de la Communication dont le thème était : "Emergences et continuité dans les recherches en information et communication". On peut raisonnablement estimer qu'une communauté de spécialistes des sciences sociales a sûrement reçu un enseignement faisant justice du positivisme. Le recours au langage culturel du progrès dans ce contexte particulier s'apparente donc plutôt à une stratégie d'adolescent adoptant les travers des adultes pour apparaître plus vieux qu'il n'est. Pause institutionnelle qui ne préjuge aucunement de la qualité des communications présentées.

La force de cette adhésion ne doit pas être sous-estimée. Il suffit de voir comment, dans le contexte de la victoire de 45, fut accueillie avec soulagement et insouciance Hiroshima, comme le montrent quelques caricatures de Jean Effel[30] dont les légendes n'ont pas besoin de commentaire :

LA COLBOMBE	GUERRE ATOMIQUE
- Si tu y mets la patte,	"La Madelon de l'Uranium(e)
Nippon, Japon, petit patapon,	Lui répondit en bon neutron :
Si tu y mets la patte	Pourquoi prendrais-je un seul atome
Tu auras du neutron…	Quand j'aime tout un cyclotron ?

Il fallut attendre plusieurs années pour que l'opinion des pays industrialisés prenne conscience de l'horreur des bombardements atomiques. La radioactivité à ses débuts et les rayonnements ionisants avaient nourri la vision épique des savants héroïques (Madame Curie mais aussi les médecins radiologistes qui perdaient leurs doigts en se les irradiant involontairement avec les appareils de radioscopie[31]). La protestation de l'opinion devant la guerre atomique débouchera sur l'appel de Stockholm en 1952 pour l'interdiction de l'arme nucléaire. Initiative habile du Mouvement de la Paix sous l'impulsion soviétique qui rencontra un écho sans précédent (le jeune Chirac à Louis le Grand l'a signé). Dans les années cinquante, le nucléaire en tant que tel ne faisait pas l'objet d'une méfiance généralisée. Les applications pacifiques du nucléaire étaient même mises en avant pour mieux dénoncer l'arme atomique, sa mise en œuvre comme explosif civil pour de grands travaux était encore envisagée. En revanche la "sagesse populaire" mettait tous les écarts climatiques sur le compte des explosions nucléaires dans l'atmosphère. C'est dans ce contexte qu'en 1953 le Président Eisenhower fit sa fameuse intervention "Atoms for Peace" devant l'ONU, premier pas vers l'instauration de l'Agence Internationale pour l'Énergie Atomique de Vienne (AIEA). La même attitude prévalut du côté des scientifiques du nucléaire. Ainsi, le mouvement Pugwash qui joua un rôle décisif dans la conclusion du traité d'interdiction des essais nucléaires dans l'espace et les accords de limitation des armements ne fit aucune réserve à la mise en œuvre des programmes électronucléaires. Le statut approuvé en 1956 stipule que l'AIEA a pour principal objectif "de hâter et d'accroître la contribution de l'énergie atomique à la paix, la santé et la prospérité dans le monde entier"[32]. C'est avec l'accident du réacteur de Three Miles Island en mars 1979 que le nucléaire civil va à son tour être mal perçu par de larges secteurs de l'opinion publique… et par l'industrie américaine de production d'électricité. Le mouvement anti-nucléaire prendra son autonomie par rapport au pacifisme qui lui avait donné naissance mais qui ne se prononçait pas sur les usages pacifiques de l'atome. Ce mouvement sera pour partie animé par des scientifiques issus du nucléaire lui-même. Le clivage sommaire opposant les savants au public réputé par principe ignorant était donc pour partie dépassé (mais la leçon ne fut pas retenue par les autorités françaises lors de la catastrophe de Tchernobyl en 1986). Les scientifiques concernés n'étaient plus de grands témoins ou des apôtres militants (Einstein, Szilard, Russel, Joliot) mais des personnalités non-médiatiques, des scientifiques ordinaires en quelque sorte. Cette modification profonde de l'attitude de l'opinion publique passée de l'admiration à la crainte du nucléaire, même civil, a nourri une attitude générale beaucoup plus circonspecte à l'égard des promesses des sciences. Ainsi les manipulations génétiques sont-elles souhaitées par les couples stériles mais regardées avec méfiance quand on passe au monde végétal. Le climat d'adhésion acritique aux idéologies de progrès et de positivisme est bien altéré... sauf peut-être, parmi nous, les scientifiques .

Aujourd'hui l'idole n'est plus respectée, elle fait l'objet d'études par d'autres sciences. Sa gestion fait partie des fonctions ordinaires de l'État (à l'origine le CEA dépendait directement du Premier Ministre et dans les années 60 le CNRS avait encore l'ambition affichée de définir les grandes orientations de toute la recherche publique).

---

[30] Extraites de l'album de Jean Effel, *Mille neuf cent…45 de fièvre*, préface de Joseph Kessel éditeur, Société Edibel (Paris-Bruxelles 194?). Kessel dans sa préface commente : "D'où viennent la tristesse, la cruauté qui me semblent sourdre de cet album charmant (…). Qu'on imagine les dernières convulsions de Hitler ou les premiers effets de la bombe atomique éclairés de près par un ver luisant. Elle aurait bonne mine, comme on dit, la race humaine ! Avec son impitoyable gentillesse, Jean Effel fait ce travail de ver luisant."

[31] Notamment dans le pays minier. Ce fut le cas du Dr Schaffner à Lens qui avait évidemment à faire face aux innombrables mineurs silicosés. Il devint maire de Lens et une statue lui rend hommage à l'entrée du groupe hospitalier de la ville.

[32] Rapport Annuel 2001 de l'AIEA (AIEA, Vienne, Juillet 2002), page 3.

Le public lui-même est tous les dix ans objet d'un sondage sur son opinion vis-à-vis des sciences et des techniques. Un résultat constant de ces travaux est de mettre en évidence une corrélation positive entre le niveau d'éducation atteint et les croyances irrationnelles (homéopathie, horoscope chinois, astrologie…). À chaque fois qu'il est énoncé ce résultat suscite un mouvement de surprise chez ceux qui ne le connaissent pas. Cette surprise traduit on ne peut plus clairement que notre réaction spontanée est de croire que le savoir accumulé et le travail des notions scientifiques sont des biens partagés ce qui évidemment n'est pas le cas, et pas seulement à cause des inégalités sociales. Vauvenargues (1715-1746) observait déjà :

> Quelques limitées que soient nos lumières sur les sciences, je crois qu'on ne saurait disputer de les avoir poussées au-delà des anciennes. Héritiers des siècles qui nous précèdent, nous devons être plus riches des biens de l'esprit. Cela ne nous peut guère être contesté sans injustice. Mais nous aurions tort nous-mêmes de confondre cette richesse empruntée avec le génie qui la donne. Combien de ces connaissances que nous prisons tant sont stériles pour nous ! Étrangères dans notre esprit, où elles n'ont pas pris naissance, il arrive souvent qu'elles confondent notre jugement beaucoup plus qu'elles ne l'éclairent. Nous plions sous le poids de tant d'idées, comme ces états qui succombent par trop de conquêtes, où la prospérité et les richesses corrompent les mœurs, et où la vertu s'ensevelit sous sa propre gloire.[33]

Au temps de la "big science" triomphante (qui était aussi celui des trente glorieuses) les pratiques techniques associées au nucléaire restaient étrangères à presque toute la population puisque ce sont des activités peu consommatrices de main d'œuvre mobilisant énormément de capital fixe par poste de travail et avec lesquelles il n'y avait pas d'occasion de contact dans la vie quotidienne. Même pour les gouvernements, l'idée d'une politique de la recherche était quasi-inexistante en dehors des impératifs de défense[34].

C'est dans ce contexte que s'est maintenue, contre vents et marées, une attitude acritique vis-à-vis du développement scientifique, attitude commune aux scientifiques et au reste de la société. Le cours des sciences n'était peut-être pas un long fleuve tranquille, mais cet acritisme autorisait l'utilisation de la rhétorique des ruptures et de la continuité. Ces temps sont révolus, ce qui ne fut que métaphores à ambitions épistémologiques floues n'est plus que la trace d'une fiction sociopolitique. Où en sommes-nous ?

6. Adieux au positivisme ? Les approches relativistes

S'il nous faut finalement dire adieu au positivisme que reste-t-il pour penser ce que nous faisons ?

Le verdict du procès philosophique du positivisme est tombé il y a bien longtemps, mais ce n'est que dans la deuxième moitié du XXe siècle que sont apparues des tentatives d'examen concret du développement scientifique qui lui soient complètement étrangères, en sciences humaines, en philosophie et dans différents mouvements sociaux de critique sociale, tant générale que de certains aspects de l'évolution technique ou scientifique.

Les approches sociologiques n'échappent pas au constat ironique que la critique des sciences qui avait pris son essor en 68 comme mouvement de critique interne aux sciences dures est devenue une discipline très académique malgré la fougue et le talent pour la provocation de certains de ses participants. Désormais, entre d'une part le public toujours considéré comme ignorant (malgré des dépenses d'éducation pas négligeables et l'expertise dont ont su faire preuve des mouvements de contestation) et d'autre part les chercheurs censés maîtriser la fusée du progrès s'est insérée une troisième catégorie d'acteurs : ceux qui, à partir des sciences sociales étudient les institutions scientifiques et techniques d'un point de vue externe. La rengaine positiviste déjà obsolète s'est ainsi trouvée prise à revers par des collègues qui, se réclamant de la qualité de scientifiques, examinent nos disciplines en iconoclastes sans que le savoir des disciplines concernées soit leur objet d'étude.

---

[33] Vauvenargues, Discours sur le caractère des différents siècles, dans *Des lois de l'esprit, florilège philosophique*, première parution en 1747 (juste après sa mort), éditions Desjonquères (Paris, 1997), pages 181 et 182.

[34] La situation était différente pour l'agriculture. Le monde paysan fait certes depuis les années cinquante l'expérience de changements techniques dans toutes ses conditions de vie et de travail. Toutefois l'ampleur et la diversité de ces changements dont l'impact social est évident n'était pas associé à ce qui symbolisait la modernité de la science.

La sociologie de la connaissance datait du début du XXe siècle, mais il y a maintenant une sociologie des sciences qui devient un interlocuteur inévitable. À sa marge, une branche des sciences humaines (socio/anthropo/ethnologie) les "Science and Technologies Studies" propose des analyses de nos modes de fonctionnement qui vont parfois jusqu'à la négation d'une problématique propre à nos activités par rabattement sur des phénomènes ou des catégories générales. La connaissance scientifique n'y est alors que relative aux conditions historiques et sociales de sa production. C'est le relativisme. L'expression la plus systématique du relativisme est sans nul doute ce qui dans le jargon du domaine s'appelle "le programme fort".

Proposé par David Bloor dans *Knowledge and Social Imagery* en 1976[35], le programme fort énonce quatre grands principes pour construire une théorie sociologique probante de la connaissance scientifique :
1- Causalité : l'explication proposée doit être causale.
2- Impartialité : le sociologue doit être impartial vis-à-vis de la "vérité" ou de la " fausseté" des énoncés débattus par les acteurs.
3- Symétrie : ce principe stipule que "les mêmes types de cause" doivent être utilisés pour expliquer tant les croyances "vraies" par les acteurs que celles jugées fausses.
4- Enfin, la réflexivité exige que la sociologie des sciences soit elle-même en principe soumise au traitement qu'elle applique aux autres sciences.[36]

Il s'agit donc bien d'une démarche qui se réclame de canons scientifiques bien établis : la causalité et l'impartialité.

Les deux autres principes proposés font en revanche problème. Celui de symétrie traduit le souci logique de travailler avec un nombre minimum d'hypothèses de départ. Mettant sur le même plan "le vrai" comme " le faux" alors que le mouvement concret des idées se traduit rarement par un choix binaire, il opère une réduction implicite du phénomène étudié et récuse toute dimension épistémologique. Il y a volonté radicale d'aboutir à une construction sociale de la réalité tout à fait indépendante de l'objet de la discipline étudiée. L'autonomie de l'activité scientifique est niée. En effet, si ce principe était vérifié il y aurait un déterminisme quasi-parfait dans les choix techniques pour un ensemble de conditions sociales données. Les contre-exemples abondent, même dans les situations extrêmes de pression sociale maximum mobilisant toutes les ressources sur des objectifs techniques précis : les guerres et la préparation de celles-ci. Ainsi, à la veille et pendant la deuxième guerre mondiale chaque grande puissance eut à faire des choix scientifiques et techniques cruciaux en matière d'armement, choix qui ne furent que peu influencés par les conditions sociales. En URSS, la prédominance des bombardiers lourds qui servaient en temps de paix à la propagande pour les vols intercontinentaux moqués par les Marx Brothers fut remise en cause au profit des avions de chasse au vu des résultats de la guerre d'Espagne. En Grande Bretagne, bien que F.A.Lindemann physicien honorable, directeur du laboratoire d'Oxford, conseiller scientifique (puis assistant personnel de Churchill quand celui-ci fut premier ministre) se soit fait l'avocat des rideaux de bombes suspendues à des parachutes et d'une détection infra-rouge pour arrêter les bombardiers allemands qui venaient frapper l'Angleterre, le développement du radar fut préféré, couplé à la DCA. Ami de longue date de la famille Churchill, Lindemann en plus de sa réputation scientifique non usurpée était pourtant socialement et politiquement mieux placé que quiconque pour faire triompher son point de vue[37]. En Allemagne, le choix des fusées l'emporta devant les errements scientifiques et les lenteurs du programme nucléaire. Aux Etats-Unis le projet Manhattan fut adopté alors qu'il n'était que proposé par des immigrés de fraîche date (Einstein en 1933, Fermi et Szilard en 1938). Dans chacun de ces exemples, les conditions sociales furent bien sûr un paramètre des prises de décisions mais elles pesèrent plutôt négativement par rapport aux choix faits. La seule symétrie qui existe entre ces quatre exemples est que tant pour un choix positif que pour un choix négatif, les conditions sociales n'ont pas été déterminantes, c'est donc une symétrie qui invalide le principe de symétrie. Ces conditions peuvent parfaitement être l'objet d'une analyse ethnologique ou sociologique, en aucun cas elles ne furent la

[35] David Bloor, *Knowledge and Social Imagery* (Routledge, 1976 ; 2nd edition Chicago University Press, 1991).
[36] Yves Gingras, "Pourquoi le "Programme fort" est-il incompris ?" *Cahiers internationaux de Sociologie* **109** (Paris, 2000), pages 235-255, cité par Pierre Bourdieu dans *Science de la Science et Réflexivité*, Raisons d'Agir (Paris, 2002), page 42.
[37] C.P. Snow, *Science and Government*, Havard University Press (Cambridge, Massachussets, 1961).

raison ultime des choix faits. Si ce principe de "symétrie" dans les choix effectués avait été vérifié, la face du monde en eut été changée. De ces exemples il ne faut cependant pas conclure que les choix techniques ne sont jamais dominés par des considérations sociales. Plus tard dans la deuxième guerre mondiale, en 1942, Lindemann se fit l'avocat des bombardements stratégiques (c'est-à-dire les bombardements des quartiers d'habitations ouvrières pour ralentir la production industrielle). Il emporta alors la décision bien que des estimations de scientifiques aient abouti indépendamment les unes des autres à une surestimation de l'efficacité de ces bombardements d'un facteur cinq ou six. Après la guerre on s'aperçut qu'en fait l'efficacité avait été surestimée d'un facteur dix.

Pour arbitraire que puisse paraître le principe de symétrie, il ne faudrait pas en conclure (ce que nous autres scientifiques avons spontanément tendance à faire) que le relativisme nie l'existence d'une réalité indépendante de l'activité scientifique. Pour Pierre Bourdieu, le relativisme est bien un réalisme dans la mesure où, précisément en mettant l'accent sur la multiplicité des interprétations, il suppose implicitement l'existence d'une réalité qui leur est extérieure[38]. Néanmoins, bien des relativistes étant des auteurs anglo-saxons, ils récusent le réalisme au profit du positivisme logique, partie prenante de leur univers culturel, quand ils font référence à une perspective philosophique, c'est le cas par exemple de Steve Fuller.[39]

Le deuxième problème que posent les principes du programme fort est celui du principe de la réflexivité. Tout chercheur dépité d'être considéré comme un bon sauvage se sent soulagé à l'idée qu'un sociologue des sciences a compté au nombre de ses principes celui de devoir appliquer à cette sociologie les mêmes grilles d'analyse qu'il emploie pour l'étude des autres disciplines… toutefois, en y réfléchissant un peu, ce chercheur dépité se rendra vite compte qu'il s'agit plus d'un vœu pieux que d'une perspective réelle de travail. Le principe de réflexivité ne doit pas être confondu avec une autoanalyse ou une autocritique. Pour qu'un regard sociologique puisse se poser sur la sociologie des sciences, une certaine distance doit en principe exister entre celui qui porte ce regard et la discipline considérée. Un témoin n'est pas un historien de son histoire. De fait, un quart de siècle après qu'il l'eut proposé, David Bloor n'a fourni aucun travail de type réflexif et, d'après Bourdieu, il n'y aurait qu'une étude de la sociologie des sciences et de ses pratiques d'écriture qui s'y rattacherait[40]. Il y eut bien dans les années soixante en France, dirigée par Pierre Naville, une revue de sociologie qui cherchait à faire l'examen critique de la sociologie ambiante... mais elle s'appelait *Epistémologie sociologique*. Engagés politiquement, aucun des participants ne croyait que la seule étude des conditions sociales de production de connaissances sociologiques épuisât l'examen critique des résultats obtenus.

Aux quatre principes énoncés, Barry Barnes et David Bloor ajoutèrent en 1982 la *sous-détermination de la théorie par les faits*. C'est-à-dire la proposition que les théories ne sont jamais complètement déterminées par les faits sur lesquels elles s'appuient et que plusieurs théories peuvent toujours se réclamer des mêmes faits. Cette proposition n'apparaîtra hérétique qu'à ceux qui pensent que les théories sont toujours synchrones ou postérieures aux expériences et que pour un ensemble de faits scientifiques avérés il pourrait n'y avoir qu'une seule approche théorique. Un contre-exemple assez fameux en physique est fourni par l'histoire de la supraconductivité qui a vu en plein cœur de la guerre froide la production presque simultanée de deux théories en parallèle chacune ignorant l'autre. Ces deux théories sont bien vérifiées et la preuve fut ensuite apportée qu'elles n'étaient pas contradictoires. L'une est phénoménologique, celle élaborée par Vitali Ginzburg et Lev Landau en URSS ; l'autre est dite microscopique (elle décrit le mécanisme intime d'apparition de la supraconductivité dans un métal) et fut proposée par John Bardeen, Léon Cooper et Robert Schrieffer. Il ne suffit pas de tourner le dos à l'épistémologie pour que celle-ci ne se rappelle pas à votre bon souvenir.

---

[38] Pierre Bourdieu, *Science de la science et réflexivité*, cours du collège de France 2001, Raisons d'agir Editions (Paris, 2001), page 151.

[39] Steve Fuller, dans *Science Studies Through the Looking Glass, An Intellectual Itinerary*, page 9 sur la toile : http://members.tripod.com/-Science Wars/ulica 1.html ; aussi dans U. Segerstrale (ed.), *Beyond the Science Wars*, SUNY press (New York, 2002).

[40] Pierre Bourdieu, *Science de la science et réflexivité*, cours du collège de France 2001, Raisons d'agir Editions (Paris, 2001), page 42.

7. La réflexivité entre ruptures et continuité

En fait, la seule mise en œuvre systématique du principe de réflexivité à la sociologie de la science est revendiquée par… Pierre Bourdieu lui-même avec le dernier cours qu'il donna au Collège de France, cours malicieusement intitulé : *Science de la science et réflexivité* mais qu'il est difficile de lire sans y voir, si peu de temps après sa disparition, une œuvre testamentaire (les seize dernières pages avant la conclusion sont d'ailleurs titrées : esquisse pour une auto-analyse). L'intention est ouvertement antirelativiste :

> Il m'a paru particulièrement nécessaire de soumettre la science à une analyse historique et sociologique qui ne vise nullement à relativiser la connaissance scientifique en la rapportant et en la réduisant à ses conditions historiques, donc à des circonstances situées et datées, mais qui entend, tout au contraire permettre à ceux qui font la science de mieux comprendre les mécanismes sociaux qui orientent la pratique scientifique…"[41]

Comment ce programme ambitieux est-il rempli ? L'affirmation de l'unicité de "la science" est étonnante mais pas vraiment discutée dans le texte. L'analyse historique est en fait une "histoire sociale de la sociologie" des sciences depuis Karl Manheim et Robert Merton croisée avec les références philosophiques qui s'imposent dans ce domaine et celui plus restreint de la sociologie des sciences. Se retrouvent évidemment des notions chères à Bourdieu : celles de capital symbolique (ici "capital fondé sur la connaissance et la reconnaissance", page 70) celle d'habitus ("sens pratique", "métier" (page 78) qui s'agissant de l'habitus scientifique est qualifié "de théorie incorporée" (page 81)). Enfin est abondamment utilisée la notion de champ pensée à plusieurs endroits comme rupture, c'est Bourdieu qui emploie le mot :

> La notion de champ marque une première rupture avec la vision interactionniste en ce qu'elle prend acte de l'existence de cette structure de relations objectives entre les laboratoires et entre les chercheurs qui commande ou oriente les pratiques ; elle opère une seconde rupture, en ce que la vision relationnelle ou structurale qu'elle introduit s'associe à une philosophie dispositionnaliste de l'action, qui rompt avec le finalisme etc.[42]

Il y a d'ailleurs au moins une troisième et même une quatrième rupture grâce à la notion de champ contre l'opposition entre consensus et conflit (page 92), puis ensuite contre l'idée de science pure (page 93). Cette notion de champ est extensive. Tantôt il s'agit d'un "champ de forces" qui "correspond au moment physicaliste de la sociologie conçue comme physique sociale" (page 69), puis c'est le laboratoire qui est un champ ou indifféremment un sous-champ entendu cette fois-ci comme champ d'action (page 72) quand ce n'est pas le scientifique lui-même qui est un champ dans une proposition assez discutable et qui pour le coup abolit toute idée de rupture dans le développement d'une discipline :

> Un savant est un champ scientifique fait homme, dont les structures cognitives sont homologues de la structure du champ et, de ce fait, constamment ajustées aux attentes inscrites dans ce champ.[43]

Si cette proposition était vérifiée, il faudrait donc admettre qu'un champ scientifique et ses participants ne peuvent se reproduire qu'homothétiquement à eux-mêmes, ce qui est une description assez réaliste d'un champ stérile… mais parfaitement continu.

Est-ce à dire que Bourdieu tourne le dos à l'idée de développement ? évidemment pas. Toutefois son analyse se veut sociologique et totale : le point de vue des scientifiques devenus sociologues est récusé au profit de "collectifs scientifiques" associant sociologues et chercheurs sujets d'étude qui, pas plus que la réflexivité, n'ont encore vu le jour :

> …il n'est pas certain que la science de la science soit meilleure lorsqu'elle est faite par des "demi-soldes" de la science, les savants défroqués qui peuvent avoir des comptes à régler avec la science qui les a exclus ou ne les a pas pleinement reconnus : s'ils ont la compétence spécifique, ils n'ont pas nécessairement la posture que demanderait la mise en œuvre de cette compétence.[44]

---

[41] Pierre Bourdieu, *opus cité*, quatrième de couverture.
[42] Pierre Bourdieu, *opus cité*, page 68.
[43] Pierre Bourdieu, *opus cité*, page 84.
[44] Pierre Bourdieu, *opus cité*, page 18. Malgré ce jugement sans appel quand, dans la dernière partie, Bourdieu esquisse son auto-analyse c'est pour une large part une récrimination parfois émouvante mais souvent proche du règlement de comptes contre les philosophes et les collègues concurrents.

L'épistémologie n'a plus de succès. Bourdieu remarque fort justement que celle des scientifiques date de leurs années de formation et qu'en l'utilisant ils la créditent de leur autorité (page 18). Qu'en est-il alors de l'épistémologie contemporaine, celle d'aujourd'hui ? Eh bien le malheur c'est qu'elle ne vaut guère mieux. Selon Bourdieu :

> …ce que l'on nomme épistémologie est toujours menacé de n'être qu'une forme de *discours justificateur de la science* ou d'une position dans le champ scientifique ou encore d'une reprise faussement neutralisée du discours dominant de la science sur elle-même.[45]

Autrement dit, toute démarche épistémologique devrait être récusée en raison de ses limites disciplinaires et de ses échecs éventuels. Bourdieu pensait-il vraiment que l'élaboration scientifique se fait sans risque d'erreur ? De quoi s'autorise le ton dédaigneux du : "ce qu'on nomme" ? Par quel miracle la sociologie échapperait-elle aux mêmes soupçons ? Elle encourt aussi ces dangers. Ce n'est pas une raison suffisante de soupçonner que la sociologie comme l'épistémologie n'auraient aucune autonomie, quand bien même, l'une comme l'autre, ne sont pas de pures constructions formelles ou iréniques.

Arrivé dans cette impasse vertueuse aux attendus si proches du cynisme relativiste, comment Bourdieu en se cantonnant strictement sur le terrain sociologique peut-il décrire le développement scientifique ? Voici sa réponse :

> Le fait que les producteurs tendent à n'avoir pour clients que leurs concurrents à la fois les plus rigoureux et les plus vigoureux, les plus compétents et les plus critiques, donc les plus *enclins* et les *plus aptes* à donner toute sa force à leur critique, est pour moi le *point archimédien* sur lequel on peut se fonder pour *rendre raison scientifiquement de la raison scientifique*, pour arracher la raison scientifique à la réduction relativiste et expliquer que la science peut avancer sans cesse vers plus de rationalité sans être obligé de faire appel à une sorte de miracle fondateur.[46]

Première surprise : il y a donc chez Bourdieu, sous-jacente, l'idée d'une marche continue idéale de "la science" qui nous dit-il "avance sans cesse vers plus de rationalité" et qui donc fonctionnerait par accumulation. Cette téléologie ne semble pas accidentelle puisque nous retrouverons cette même idée un peu plus loin. C'est, pour le moins, assez éloigné de la diversité des pratiques, des errements, des cheminements des stagnations et des remaniements conceptuels observables dans toutes les disciplines. Si la notion de champ a permis à Bourdieu de clairement se placer en rupture par rapport à d'autres approches sociologiques et de faire des observations aiguës, sa conception du développement scientifique semble être toute entière du côté de la continuité.

Deuxième surprise, énorme celle-là : ce qui nous est présenté comme la raison suffisante du développement scientifique n'est un schéma économiste sommaire et plus qu'usé, dit de la concurrence parfaite où chaque firme ou chaque consommateur dispose de toutes les informations. Outre que c'est une bien singulière description du travail intellectuel que de le réduire à une simple compétition, l'antirelativisme de Bourdieu repose donc sur une raison ultime qui est un schème économique remis en cause par les économistes libéraux eux-mêmes puisque la concurrence n'est jamais parfaite. Exporté en sociologie des sciences deviendrait-il adéquat, c'est-à-dire vérifié ? À notre époque de massification des activités de recherche et de développement, il est plus que douteux que les concurrents de chacun d'entre nous soient les plus compétents, même en sociologie. Cela devait déjà le paraître tout autant au XIXe siècle quand James Clerk Maxwell (celui dont les équations ornent certains T-shirt scientistes) s'autorisant un exercice d'autoanalyse souligna l'importance des développements anormaux :

> Mais l'histoire de la science doit faire le récit d'enquêtes qui n'ont pas réussi…L'histoire du développement soit normal, soit anormal des idées est de tous les sujets, celui auquel, en tant qu'hommes, nous nous intéressons le plus.[47]

La condamnation de toute préoccupation épistémologique autorisée par l'adoption d'un schéma de concurrence parfaite débouche sur l'auto-analyse évoquée plus haut. Bourdieu s'autorise alors ce qu'il a refusé aux demi-soldes et aux autres scientifiques : le recours à l'analyse épistémologique. En effet, que fait d'autre la sociologie de la sociologie quand elle s'autorise à se demander pourquoi tel thème

[45] Pierre Bourdieu, *opus cité*, page 19.
[46] Pierre Bourdieu, *opus cité*, page 108.
[47] J.C. Maxwell, *Introductory Lectures on Experimental Physics*, in *Scientific papers of J. C. Maxwell*, W.D. Niven editor, volume II (1890).

est choisi ou pourquoi telle méthode est mise en œuvre ? En même temps cette "autoanalyse" est marquée par un nouveau balancement entre rupture et continuité. Alors que la notion de champ permettait des ruptures pour se distinguer du reste de la discipline, avec l'autoanalyse c'est la continuité du savoir par accumulation qui l'emporte au nom de la science sociologique acquise :

> Je n'ai pas cessé de répéter que la sociologie de la sociologie n'est pas une division parmi d'autres de la sociologie ; qu'il faut se servir de la science sociologique acquise pour faire de la sociologie ; que la sociologie de la sociologie doit accompagner sans cesse la pratique de la sociologie. Mais, même s'il y a une vertu à la prise de conscience, la vigilance sociologique ne suffit pas. La réflexivité n'a toute son efficacité que lorsqu'elle s'incarne dans des collectifs qui l'ont incorporée, au point de la pratiquer sur le mode du réflexe. Dans un groupe de recherche de cette sorte, la censure collective est très puissante, mais c'est une censure libératrice, qui fait rêver à celle d'un champ idéalement constitué, qui libérerait chacun des participants des " biais" liés à sa position[48].

Autosatisfecit idéaliste et pétition de principe de peu de secours. En quoi ceci diffère du :

> *discours justificateur de la science* ou d'une position dans le champ scientifique ou encore d'une reprise faussement neutralisée du discours dominant de la science sur elle-même dénoncé plus haut ?

Des adieux concrets au positivisme ne peuvent se réduire à une délégation de pouvoir à la sociologie, malgré tout ce que celle-ci peut nous apprendre sur nous-mêmes.

8. L'impossible théorisation des adieux au positivisme ?

Dans les années soixante-dix pendant que les Science and Technology Studies, largement nourries par la contestation étudiante des années soixante, s'institutionnalisaient dans ou à côté de la sociologie, d'autres, en France, tentaient de maintenir le lien occasionnel qui s'était créé entre certaines sciences humaines (philosophie comprise) et des acteurs sociaux concernés. Ce qu'au terme d'une analyse intéressante qui à elle seule demanderait un examen détaillé Bourdieu appelle "le passage de Koyré et Vuillemin à Foucault et Deleuze"[49]. C'est-à-dire de philosophes qui tout à coup s'intéressaient à des pratiques sociales sans "payer le prix de la recherche empirique" tandis qu'à les lire on avait l'impression qu'effectivement ils fuyaient la philosophie (c'est l'impression que me donnait la trajectoire de Foucault). Puisqu'il ne s'agit pas ici de faire l'histoire des idées, mais de discuter le succès des notions de rupture et continuité, un rapprochement s'impose qui n'était pas évident à l'époque. Comme un écho du thème du "fragment" amorcé par Walter Benjamin, trois hommes prirent le parti de devenir des archéologues du savoir Michel Foucault, Michel de Certeau[50] (à qui fut refusée une thèse de théologie) et maintenant, sur un mode un peu différent, Paul Ricœur. Les deux premiers profitant de la conjoncture sociopolitique française dont Ricœur fut victime en tant que président de l'Université de Nanterre.

Les archéologues du savoir repoussent le schéma évolutionniste et continuiste proposé par l'histoire du progrès. L'opération archéologique consiste alors à repérer des moments de cassure et de faille. De Certeau parlera de "rupture instauratrice". Ce sont des auteurs qui revendiquent donc ouvertement la discontinuité, y compris par rapport aux institutions scientifiques. Même si Foucault n'a jamais écrit sur les sciences exactes[51] l'autoanalyse à laquelle lui aussi se livra au Collège de France éclaire ses intentions sur la généalogie des savoirs. Celle-ci retrouve une actualité singulière dans les rapports

---

[48] Pierre Bourdieu, *opus cité*, page 220.

[49] Pierre Bourdieu, *opus cité* ; cette citation est page 204, c'est tout le passage de la page 202 et 205 qui mériterait une étude approfondie. Jules Vuillemin, philosophe des sciences, fut professeur au Collège de France où il succéda à Maurice Merleau-Ponty. Vuillemin avait connu Michel Foucault à Clermont-Ferrand et sera un de ses parrains au Collège de France (Didier Eribon, *Michel Foucault*, Flammarion (Paris, 1989), page 157. Bourdieu, qui au début de son livre se réclame de Vuillemin, joue ici au double-talk.

[50] Voir notamment la contribution d'Alain Bouraut dans l'ouvrage collectif de l'IHTP-CNRS, *Michel de Certeau, les chemins d'histoire*, sous la direction de Christian Delacroix, François Dosse, Patrick Garcia et Michel Trebitsch, éditions Complexe (Bruxelles, 2002), page 130.

[51] Foucault cependant avait paraît-il un intérêt réel pour les sciences exactes. Lecteur à Uppsala (1956-58), il se lia d'amitié avec le prix Nobel de Chimie 1926 Théodor Svedberg, avec qui il étudiera le fonctionnement d'un cyclotron une semaine durant. A un collègue français d'Uppsala, il aurait dit (mais sur quel ton ?) : "Mais pourquoi n'ai-je pas fait des études scientifiques plutôt que de la philosophie ?" (D. Eribon, *opus cité*, page 109).

entre sciences et société, notamment dans la mesure où votre domaine, l'amélioration des plantes, voit depuis longtemps s'entrecroiser des savoirs d'origine variées :

> La généalogie, ce serait donc, par rapport au sujet d'une inscription des savoirs dans la hiérarchie du pouvoir propre à la science, une sorte d'entreprise pour désassujettir les savoirs historiques et les rendre libres, c'est-à-dire capables d'opposition et de lutte contre la coercition d'un discours théorique unitaire formel et scientifique. La réactivation des savoirs locaux "mineurs" dirait Deleuze[52] contre la hiérarchisation scientifique de la connaissance et ses effets de pouvoir intrinsèques, c'est cela le projet de ces généalogies en désordre et en charpie.[53]

Ces savoirs, Foucault les énumérait avec gourmandise et montrait comment leur couplage avec l'expertise institutionnelle avait donné sa force aux mouvements de contestation :

> …savoirs naïfs, savoirs hiérarchiquement inférieurs, savoirs en dessous du niveau de la connaissance ou de la scientificité requise... celui du psychiatrisé, celui du malade, celui de l'infirmier, celui du médecin mais parallèle et marginal par rapport au savoir médical, le savoir du délinquant, etc.
> Et bien je crois que c'est dans ce couplage entre les savoirs ensevelis de l'érudition et les savoirs disqualifiés par la hiérarchie des connaissances et des sciences que s'est joué effectivement ce qui a donné à la critique des discours de ces quinze dernières années sa force essentielle.[54]

Au-delà des pratiques empiriques, y avait-il là matière à philosopher ?

> Vous voyez que tous ces fragments de recherche tous ces propos à la fois entrecroisés et suspendus que j'ai répété depuis quatre ou cinq ans maintenant, peuvent être considérés comme des éléments de ces généalogies que je n'ai pas été, loin de là, le seul à faire au cours de ces quinze dernières années. Question : alors pourquoi ne continuerait-on pas avec une si jolie théorie – et vraisemblablement si peu vérifiable – de la discontinuité ? Pourquoi est-ce que je ne continue pas, et pourquoi est-ce que je ne prends pas encore un petit quelque chose comme ça , qui serait du côté de la psychiatrie, du côté de la théorie de la sexualité, etc. ?
> ....ces éléments de savoir qu'on a essayé de désensabler, ne risquent-ils pas d'être recodés, recolonisés par des discours unitaires qui, après les avoirs disqualifiés, puis ignorés quand ils sont réapparus, sont peut-être maintenant prêts à les annexer et à les reprendre dans leurs propres discours et dans leurs propres effets de savoir et de pouvoir?[55]

Il n'y eut donc pas de théorie de cette archéologie de l'instant et, avec le recul du temps on ne peut que s'en féliciter, tout en sachant qu'il y a là une clé pour la compréhension comme pour l'initiative des mouvements sociaux qui depuis Foucault s'interrogent, parfois avec nous parfois malgré nous, sur les rapports entre les développements scientifiques et l'avenir de nos sociétés.

Rupture et continuité continueront sans doute d'être employés sans que nous y réfléchissions trop. A dire vrai quand nous prononçons ces mots la langue qui les a créés nous utilise plus que nous l'utilisons. Apparemment opposés ces mots sont voisins. La racine du mot "route" en français (comme en anglais) m'a appris Pierre Chartier, c'est le mot rupture car pour les paysans depuis des millénaires tracer une route c'était couper le paysage, exactement comme pour nous aujourd'hui le fait une autoroute. La route c'était le contraire du chemin. Quels que soient les développements de la sociologie comme de la philosophie, nous – scientifiques ou pas – resterons avec la responsabilité de savoir quelle route nous voulons tracer.

---

[52] *Gi*lles Deleuze et Félix Guattary, *Kafka, pour une littérature mineure*, Editions de Minuit (Paris, 1975).
[53] Michel Foucault, "Il faut défendre la société", cours au collège de France (1975-1976), Hautes études, Gallimard Le Seuil (1997), pages 11 et 12.
[54] Michel Foucault, *opus cité*, page 9.
[55] Michel Foucault, *opus cité*, page12.

Liste des participants

Nom	Organisme	Courriel
ADAM-BLONDON Anne-Françoise	INRA (BV*), Evry	adam@evry.inra.fr
AHMADI Nour	CIRAD, Montpellier	
ALARY Rémy	INRA (TPV), Montpellier	alary@ensam.inra.fr
AMEGLIO Thierry	INRA (EA), Clermont-Ferrand	ameglio@clermont.inra.fr
AMSELLEM David	étudiant, Paris	
ANDRAULT Olivier	CLCV	
ANDREAU Blandine	INRA (GAP), Gif-sur-Yvette	andreau@moulon.inra.fr
ANO Georges	INRA (GAP), Antilles	ano@antilles.inra.fr
AOURIRI Idriss	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
ARCHILLA Olivier	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
ARENE Laurence	INRA (GAP), Angers	arene@angers.inra.fr
AUBREE Nathalie	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
AUFFRAIS Armand	étudiant Université Nantes	armand.auffrais@wanadoo.fr
BACILIERI Roberto	INRA (Relations internationales), Paris	bacilieri@paris.inra.fr
BACO Mohamed Nasser	INRAB, BENIN	baconas@francite.com
BAILLY Chantal	INRA (EA), Avignon	bailly@avignon.inra.fr
BARATIN René	Caussade Semence	rene.baratin@caussade-semences.com
BARBEAU Gérard	INRA (EA), Angers	barbeau@angers.inra.fr
BARBIER Pascale	INRA (SPE), Antibes	
BARGY Eric	Germicopa, Quimper	eric.bargy@germicopa.fr
BARLOY Dominique	INRA (GAP), Rennes	dbarloy@rennes.inra.fr
BARNAUD Adeline	étudiante ENSA Montpellier	
BARRE Philippe	INRA (GAP), Lusignan	barre@lusignan.inra.fr
BASTIEN Catherine	INRA (FMN), Orléans	catherine.bastien@orleans.fr
BATAILLON Paul	INRA (EA), Toulouse	
BECKERT Michel	INRA (GAP), Clermont-Ferrand	beckert@clermont.inra.fr
BELLENOT Véronique	INRA (GAP), Angers	bellenot@angers.inra.fr
BERGER Monique	ESA Purpan	berger@esa-purpan.fr
BERNARD Michel	INRA (GAP), Clermont-Ferrand	Michel.Bernard@clermont.inra.fr
BERNARD Sylvie	INRA (GAP), Clermont-Ferrand	Sylvie.Bernard@clermont.inra.fr
BERNARD Thomas	ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
BERVILLE André	INRA (GAP), Montpellier	berville@ensam.inra.fr
BEYLAR Mathieu	étudiant	
BEZOT Pierre	INRA, Agri Obtentions	Gerbault@agri-obtentions.fr
BILLON Guy	étudiant, Paris	
BLONDIN Fanny	étudiante, Paris	
BŒUF Christiane	INRA (GAP), Clermont-Ferrand	
BOIDRON Valérie	étudiante Université Montpellier 3	valerie.boidron@voilà.fr
BOISTARD Pierre	INRA (SPE), Toulouse	boistard@toulouse.inra.fr
BONNEL Eric	Germicopa, Quimper	eric.bonnel@germicopa.fr
BONNEMAIRE Joseph	INRA (Présidence), Paris	Joseph.Bonnemaire@paris.inra.fr
BONNET-MASIMBERT Marc	INRA (FMN), Orléans	masimbert@orleans.inra.fr
BONNEUIL Christophe	Centre Koyré d'histoire des sciences, Paris	bonneuil@wanadoo.fr
BONNY Sylvie	INRA (ESR), Grignon	bonny@grignon.inra.fr
BOUCHER Christian	INRA (SPE), Toulouse	boucher@toulouse.inra.fr
BOULET Daniel	INRA (Président de centre), Montpellier	
BOUTROT Freddy	INRA (GAP), Montpellier	boutrot@ensam.inra.fr
BOYAT Armand	INRA (GAP), Montpellier	boyat@ensam.inra.fr

BRANCOURT Maryse	INRA (GAP), Estrées-Mons	brancourt@mons.inra.fr
BRANS Yoann	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
BRACQUART Daniel	Bonduelle	
BREGEON Michel	INRA (GAP), Rennes	bregeon@lerheu.rennes.inra.fr
BRUNET-LECOMTE Dorothée	étudiante	
BUDAR Françoise	INRA (GAP), Versailles	budar@versailles.inra.fr
BURET Michel	INRA (TPV), Avignon	BURET@avignon.inra.fr
BURGAUD François	GNIS, Paris	
CABOCHE Michel	INRA (BV), Versailles	
CADIC Alain	INRA (GAP), Angers	cadic@angers.inra.fr
CAMOU Romain	étudiant CNEARC, Montpellier	
CAMUS Letizia	étudiante ENSA Montpellier	
CARRE Philippe	Pro-Maïs, Toulouse	philippe.carre@gnis.fr
CASSE Francine	INRA (BV), Montpellier	casse@ensam.inra.fr
CASSIER Maurice	CNRS, Villejuif	cassier@vjf.cnrs.fr
CAUDERON André	Académie d'Agriculture, Paris	
CAUSSE Mathilde	INRA (GAP), Avignon	Mathilde.Causse@avignon.inra.fr
CHABAGNO-LAPIE Myriam	Unigrains, Paris	
CHAMPURNEY Nicolas	étudiant ENSA Montpellier	
CHARCOSSET Alain	INRA (GAP), Gif-sur-Yvette	charcos@moulon.inra.fr
CHARLOT Christine	INRA (FMN), Cestas	charlot@pierrotin.inra.fr
CHARRIER André	INRA (GAP), Montpellier	charrier@ensam.inra.fr
CHARTIER Annie	INRA (Expertise collective), Versailles	chartier@versailles.inra.fr
CHATELET Philippe	INRA (GAP), Montpellier	chatelet@ensam.inra.fr
CHAUSSET Laurent	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
CHAUVET Michel	INRA, Montpellier	chauvet@ensam.inra.fr
CHAUVIN Jean-Eric	INRA (GAP), Ploudaniel	Jean-Eric.Chauvin@rennes.fr
CHESNEL Armand	Vilmorin, Lamenitre	
CHEVRE Anne-Marie	INRA (GAP), Rennes	chevre@rennes.inra.fr
CHEVREAU Elisabeth	INRA (GAP), Angers	chevreau@angers.inra.fr
CHIFFOLEAU Yuna	INRA (SAD), Montpellier	chiffole@ensam.inra.fr
CHRISTOPHE Catherine	INRA (BIA), Jouy-en-Josas	cch@jouy.inra.fr
COCHET Emmanuelle	INRA (SPE), Versailles	derridj@versailles.inra.fr
CORITON Olivier	INRA (GAP), Rennes	coriton@rennes.inra.fr
CORTEZ Marie-Louise	INRA, Montpellier	
COSTE Davis	étudiant ENSA Montpellier	
COUTEAUDIER Yvonne	INRA (PPV), Paris	
CRUIZIAT Pierre	INRA (EA), Clermont-Ferrand	cruiziat@clermont.inra.fr
CURUTCHARY Pierre	étudiant	
DADDAD Eva	Montpellier	
DALLARD Jacques	INRA (GAP), Montpellier	Jacques.Dallard@ensam.inra.fr
DANSIN Aurélie	étudiante BDPPC Montpellier	
DARMENCY Mouna	INRA (GAP), Dijon	
DASEN Corinne	INRA (BV), Montpellier	
DAULEUX- MANZARANES Marie	ENSA Rennes	manzanar@rennes.inra.fr
DELALANDE Corinne	INRA (TPV), Toulouse	audran@ensat.fr
DELALANDE Magalie	INRA (GAP), Montpellier	delalande@ensam.inra.fr
DELORME Valérie	CNRS, Perpignan	delorme@univ-perp.fr
DELOURME Régine	INRA (GAP), Rennes	rdelourm@lerheu.rennes.inra.fr
DELSENY Michel	Université Perpignan	Delseny@univ-perp.fr
DERIEUX Maurice	INRA, Estrées-Mons	derieux@mons.inra.fr
DESCLAUX Dominique	INRA, Montpellier	desclaux@ensam.inra.fr
DESHAYES Alain	Saint-Cyr-sur-Loire	aa.wanadoo.fr

DESHAYES Clément	Paris	clement.deshayes@wanadoo.fr
DESPREZ François	GNIS, Paris	
DEVAUD Florent	Maïs Adour Semences, Mont de Marsan	devaud@maisadour.com
DINI Alain	Bayer CropScience, Lyon	dini@bayercropscience.com
DINIZ Leandro	IRD, Montpellier	leandro.diniz@mpl.ird.fr
DODET Michel	INRA (Directeur général adjoint), Paris	
DORE Claire	INRA (GAP), Versailles	cdore@versailles.inra.fr
DOSBA Françoise	INRA (GAP), Montpellier	dosba@ensam.inra.fr
DUCOS Chantal	Groupe Euralis, Lescar	
DUMAS de VAULX Robert	INRA (GAP), Clermont-Ferrand	devaulx@clermont.inra.fr
DURAND-TARDIF Mylène	INRA (GAP), Versailles	durand-t@versailles.inra.fr
EBEL Jean-Marc	INRA (GAP), Montpellier	ebel@ensam.inra.fr
EBER Frédérique	INRA (GAP), Rennes	eber@lerheu.rennes.inra.fr
ESNAULT Robert	INRA (GAP), Rennes	Robert.Esnault@rennes.inra.fr
EVRARD Philippe	INRA, Président du centre de Paris	evrard@paris.inra.fr
FALENTIN Cyril	INRA (GAP), Rennes	falentin@rennes.inra.fr
FAURE Gérard	CFS, Paris	
FAYET Laure	étudiante ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
FELDMANN Philippe	CIRAD, Montpellier	philippe.feldmann@cirad.fr
FELLOUS Marc	INSERM, Paris	mfellous@pasteur.fr
FERNANDES Benoît	étudiant	
FEUGEY Laurence	INRA, Angers	feugey@angers.inra.fr
FEYT Henri	CIRAD, Montpellier	henri.feyt@cirad.fr
FLOCH Maela	Lien Horticole, Perols	maelafloch@hotmail.com
FORET Louis	INRA, Agri Obtentions, Guyancourt	foret@agri-obtentions.fr
FOURY Claude	Vedenne	
FRANCOIS Yves	agriculteur	
FREYSSINET Georges	Bayer CopScience, Lyon	georges.freyssinet@bayercropscience.com
FREZAL Lise	INA P-G, Paris	lisou-frezal@hotmail.com
FUNFSCHILLING Michel	étudiant Ecole Polytechnique	
GAILLARD Antoine	Maïs Adour Semences, Mont de Marsan	gaillard@maisadour.com
GALANT Christian	INRA (Communication), Toulouse	galant@toulouse.inra.fr
GALLAIS André	INRA (GAP), Gif-sur-Yvette	gallais@moulon.inra.fr
GARCIA SANDRE Diaz	étudiant ENSA Montpellier	
GARDET Olivier	INRA (GAP), Gif-sur-Yvette	gardet@moulon.inra.fr
GARROT Cécile		
GAUTIER Marie-Françoise	INRA (TPV), Montpellier	gautier@ensam.inra.fr
GAY Philippe	GMOS, Asnières	phgay@wanadoo.fr
GELAY-TURTAUT Loïc	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
GHESQUIERE Marc	INRA (GAP), Lusignan	marc.ghesquiere@lusignan.inra.fr
GIARD Alain	INRA (GAP), Avignon	giard@avignon.inra.fr
GLASZMANN Jean-Christophe	CIRAD, Montpellier	glaszmann@cirad.fr
GOGUE Anne-Marie	INRA (SED), Paris	
GOMME Aurélie	étudiante ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
GONON Aurélie	étudiante ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
GONTIER Eric	ENSAIA, Vandoeuvre	eric.gontier@ensaia-impl-nancy.fr
GOUESNARD Brigitte	INRA (GAP), Montpellier	gouesnard@ensam.inra.fr
GOUYON Pierre-Henri	CNRS - Université Paris-Sud, Orsay	Pierre-Henri Gouyon@ese.u-psud.fr
GRACIEN Philippe	GNIS, Paris	
GRAIL Denise	INRA (Communication), Paris	grail@paris.inra.fr
GRAND Claude	RAGT Génétique, Rodez	cgrand@ragt.fr
GRANDBASTIEN Marie-Angele	INRA (BV), Versailles	gbastien@versailles.inra.fr
GRIFFON Michel	CIRAD, Paris	michel.griffon@cirad.fr

GUERCHE Philippe	INRA (GAP), Versailles	guerche@versailles.inra.fr
GUERIF Jérôme	INRA, Président du centre d'Avignon	jerome.guerif@avignon.inra.fr
GUILLOU Marion	INRA (Directrice générale), Paris	
GUYOMARC'H Hélène	GEVES, Surgères	helene.falentin@geves.fr
HAMON Serge	IRD, Montpellier	hamon@ird.fr
HAU Bernard	CIRAD, Montpellier	hau@cirad.fr
HERMITTE Marie-Angèle	CNRS, Paris	mahermit@club-internet.fr
HERVE Yves	ENSA Rennes	yvesherve@wanadoo.fr
HERVIEU Bertrand	INRA (Président), Paris	
HILD Vincent	étudiant, Paris	
HOMMEL Jeannine	INRA (Communication), Paris	hommel@paris.inra.fr
JEAN Anne-Marie	INRA, Montpellier	
JOLY Hélène	CIRAD, Montpellier	helene.joly@cirad.fr
JOLY Pierre-Benoît	INRA (ESR), Grenoble	jolyàivry.inra.fr
JOUANNEAU Jean-Paul	Vilmorin, Ledenon	jean-paul.jouanneau@vilmorin.com
JOUDRIER Philippe	INRA (TPV), Montpellier	joudrier@ensam.inra.fr
JUBAULT Mélanie	étudiante ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
JULIEN Laure	étudiante ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
KAAN François	INRA (GAP), Montpellier	kaan@ensam.inra.fr
KADER Jean-Claude	CNRS, Paris	jean-claude.kader@cnrs-dir.fr
KERVELLA Jérôme	étudiant BDPPC Montpellier	
KERVELLA Jocelyne	INRA (GAP), Avignon	jocelyne.kervella@avignon.inra.fr
KHALFAOUI Jean-Luc	CIRAD, Montpellier	jean-luc.khalfaoui@cirad.fr
LACOMBE Philippe	INRA (Directeur SED), Paris	delisle@paris.inra.fr
LACROIX Franck	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
LAIGRET Frédéric	INRA (GAP), Bordeaux	laigret@bordeaux.inra.fr
LAMBERT Claudie	INH, Angers	claudie.lambert@inh.fr
LANDAIS Etienne	ENSA Montpellier (Directeur)	
LAURENS François	INRA (GAP), Angers	laurens@angers.inra.fr
LE HINGRAT Yves	GNPPPT, Hanvec	
LE TRIONNAIRE Gaël	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
LECHARNY Alain	CNRS, Evry	lecharny@ibp.u-psud.fr
LEFORT Marianne	INRA (GAP), Versailles	DGAP@versailles.inra.fr
LEFORT Pierre Louis	GEVES, La Minière	pierre.louis.lefort@geves.fr
LEGOUY Edith	INRA (GAP), Versailles	legouy@versailles.inra.fr
LEMARQUAND Arnaud	INRA (GAP), Angers	armand.lemarquand@angers.inra.fr
LEPAGE Caroline	étudiante	
LLAMBRICH Georges	INRA, Montpellier	
LOMBARD Vincent	Monsanto	vincent.lombard@monsanto.com
LOR Denis	Clause Tézier, Valence	LOR@tezier.com
LORENTZ Bruno	INRA (GAP), Montpellier	
LORGEOU Josiane	AGPM-Technique / ITCF	josiane.lorgeou@agpm.com
LUCAS Marie-Odile	INRA (GAP), Rennes	molucas@lerheu.rennes.inra.fr
MACARY Guillaume	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
MAINGON Claire	Sofiprotéol, Paris	c.maingon@proteo.com
MAISONNEUVE Brigitte	INRA (GAP), Avignon	brigitte.maisonneuve@avignon.fr
MARCHAND Daniel-Eric	Unigrains, Paris	
MARIN Antoine	INRA, Jouy-en-Josas	
MARTEU Thierry		thierry@marteu.online.fr
MARTIN Guillaume	CNRS, Montpellier	gmartin@cefe.cnrs-mop.fr
MATHURIN Pulchery	INRA (GAP), Antilles	edinval@antilles.inra.fr
MAZOYER Marcel	INA P-G, Paris	
MEUNIER Jacques	CIRAD	

MIGNARD Eric	INRA (Communication), Montpellier	
MITTEAU Marine	BRG, Paris	martine.mitteau@inapg.inra.fr
MOEZZI Lili Salomé	INRA (DISI), Paris	moezzi@paris.inra.fr
MOLLIER Pascale	INRA (Communication), Paris	mollier@paris.inra.fr
MONOD Jean-Pierre	Pro-Maïs, Toulouse	
MONSION Baptiste	étudiant ENSA Montpellier	
MOQUET Frédéric	Graine Gautier, Eyragues	
MOREAU Philippe	Caussade Semence	philippe.moreau@caussade-semences.com
MOULOUNGUI Zéphirin	ENSIACET Toulouse	zephirin.mouloungui@ensiacet.fr
MOUROZEAU Alexandre	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
MOUSSET-DECLAS Claire	INRA (GAP), Dijon	mousset@epoisses.inra.fr
MURANTY Hélène	INRA (GAP), Rennes	Helene.Muranty@rennes.inra.fr
MUSTEL Ana	étudiante ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
NEDELEC Gabriel	INRA (GAP), Rennes	nedelec@rennes.inra.fr
NESI Nathalie	INRA, Rennes	nesi@rennes.inra.fr
NICOLAS Dominique	CIRAD, Montpellier	dominique.nicolas@cirad.fr
NICOLAS Pierre	INRA (BIA), Versailles	nicola@versailles.inra.fr
NOGUE Fabien	INRA (GAP), Versailles	nogue@versailles.inra.fr
NOLOT Jean-Marie	INRA (EA), Toulouse	jmnolot@toulouse.inra.fr
OCAMPO John	ENSA Montpellier	
OUNANE Sidi Mohamed	INA Hassan Badi	ounane-1999@yahoo.com
PANNETIER P.R.	CIRAD, Montpellier	pannetier@cirad.fr
PAPINEAU Jacques	INRA (GAP), Lusignan	papineau@lusignan.inra.fr
PAULIN Didier	CIRAD, Montpellier	didier.paulin@cirad.fr
PEGUY Fabrice		fpeguy@wanadoo.fr
PELLERIN Robert	GNIS, Paris	
PERIAULT Aline	étudiante	
PERNET Alix	INRA (GAP), Angers	pernet@angers.inra.fr
PERRET Dominique	Euralis, Mondonville	dominique.perret@euralis.fr
PETIPREZ Michel	ENSA Toulouse	petitprez@ensat.fr
PETIT Michel	INA P-G, Paris	
PEYROT Virginie	étudiante ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
PICARD Yann	étudiant ENSA Montpellier	
PIQUET Agnes	ENITA Lempdes	piquet@enitac.fr
PISELLA Olivier	étudiant	
PITRAT Michel	INRA (GAP), Avignon	Michel.Pitrat@avignon.inra.fr
PLAGES Jean-Noël	Limagrain, Chappes	jean.michel.plages@limagrain.com
POTEL Anne-Marie	étudiante ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
POUVREAU MARC	étudiant BDPPC Montpellier	
PREVOST Michel	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
PROSPERI Jean-Marie	INRA (GAP), Montpellier	prosperi@ensam.inra.fr
PUGH MORENO Tatiana	CIRAD, Montpellier	pugh@cirad.fr
RENARD Michel	INRA (GAP), Rennes	renard@lerheu.rennes.inra.fr
RIBA Guy	INRA (Directeur PPV), Paris	
RIVES Max	Interlog Avignon	rives@interlog.fr
ROBERT Nathalie	ISA Beauvais	nathalie.robert@isab.fr
RODIER Anne	Centre Technique Champignon, Distre	anne.rodier@free.fr
RODOLPHE François	INRA (BIA), Jouy-en-Josas	rodolphe@versailles.inra.fr
ROGER Claude	INRA (ESR), Montpellier	roger@ensam.inra.fr
ROMMEL Joselo	étudiant ENSA Montpellier	
RONFORT Joëlle	INRA (GAP), Montpellier	ronfort@ensam.inra.fr
RONSIN Thierry	Limagrain, Chappes	thierry.ronsin@limagrain.com
ROUSSELLE Patrick	INRA (GAP), Avignon	Patrick.rousselle@avignon.inra.fr

ROUSSET Michel	INRA (GAP), Gif-sur-Yvette	mrousset@moulon.inra.fr
RUETSCH Olivier	INRA (ATI), Paris	ruetsc@paris.inra.fr
RUFFEL Sandrine	INRA (GAP), Avignon	
SABBAGH Claire	INRA (Expertise collective), Paris	sabbagh@paris.inra.fr
SALAUN Genaël	étudiant BDPPC Montpellier	
SALINGUE Fanny	étudiante ESA Purpan	fannysalingue@ad.com
SANSIAU Eric	étudiant ESAP, Toulouse	e.sansiau@caramail.com
SARTRE Pascal	INRA (GAP), Montpellier	sartre@ensam.inra.fr
SAVINI Isabelle	INRA (Expertise collective), Paris	savini@paris.inra.fr
SEHABIAGUE Pierre	Monsanto, Peyrehorade	pierre.sehabiague@monsanto.com
SGHIR Saida	ENSA Montpellier	saidasghir@hotmail.com
SIMON Gérard	Vilmorin, Ledenon	gerard.simon@vilmorin.com
SIOL Mathieu	étudiant ENSA Montpellier	
SONTOT Andrée	BRG, Paris	andree.sontot@inapg.inra.fr
SOUILLOT Charles	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
SPANO David	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
TABEL Claude	RAGT Génétique, Rodez	ctabel@ragt.fr
TARDIEU Vincent	journaliste	
TAYLLAMIN Thierry	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
TEYSSENDIER Bernard	INRA (BV), Montpellier	teyssen@ensam.inra.fr
THEVENET Gilles	ITCF, Paris	gthevenet@itcf.fr
THIELLEMENT Hervé	INRA (GAP), Gif-sur-Yvette	thiellement@moulon.inra.fr
THIS Patrice	INRA (GAP), Montpellier	Patrice.This@ensam.inra.fr
THOMAS Frédéric	Centre Koyré d'histoire des sciences, Paris	thomasfth@wanadoo.fr
THOMAS Grégoire	ENSA Rennes	gthomas@agrorennes.educagri.fr
TOURETTE Pierre Denis	INRA, Montpellier	
VACHER Corinne	Université Montpellier 2	cvacher@isem.univ-montp2.fr
VANNETZEL Nicolas	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
VEAR Felicity	INRA (GAP), Clermont-Ferrand	vear@clermont.inra.fr
VERGER Michel	INRA (FMN), Orléans	michel.verger@orleans.inra.fr
VEYRET Aurore	étudiante BDPPC Montpellier	
VIADER Véronique	INRA (GAP), Montpellierl	viader@ensam.inra.fr
VIALLE Paul	CTPS	
VILA Aurore	étudiante ENITA Lempdes	piquet@enita.fr
VILAREM Gérard	ENSIACET, Toulouse	Gerard.vilarem@ensiacet.fr
WATTIER Olivier	étudiant	
WAYSAND Georges	CNRS, Paris	Waysand@gps.jussieu.fr
WEIL Alain	CIRAD, Paris	alain.weil@cirad.fr
WELCKER Claude	INRA (GAP), Antilles	welcker@antilles.inra.fr
WISSOC Adélaïse	étudiante	
WOLLMAN Francis-André	CNRS, Paris	
ZANETTO Anne	INRA (GAP), Bordeaux	zanetto@bordeaux.inra.fr
ZHANG Davis	GEVES, Surgères	david.zhang@geves.fr
ZUBER Antoine	étudiant ENITA Lempdes	piquet@enita.fr

* Directions scientifiques de l'INRA :
PPV : Plante et produits du végétal ; SED : Société, économie et décision
Départements de recherche de l'INRA :
BIA : Biométrie et intelligence artificielle ; BV : Biologie végétale ; EA : Environnement et agronomie ; ESR : Economie et sociologie rurales ; FMN : Forêts et milieux naturels ; GAP : Génétique et amélioration des plantes ; SAD : Systèmes agraires et développement ; SPE : Santé des plantes et environnement ; TPV : Transformation des produits végétaux.