

Refonder la recherche agronomique : leçons du passé, enjeux du siècle

Bernard Chevassus-au-Louis
Directeur de recherches à l'INRA

Leçon inaugurale du groupe ESA,

Angers, 27 septembre 2006

Refonder la recherche agronomique : leçons du passé, enjeux du siècle

Bernard Chevassus-au-Louis
Directeur de recherches à l'INRA

Annoncé et préparé par la création des écoles supérieures agronomiques au cours du 19^{ième} siècle¹, le développement d'un « système de recherche et développement » spécifique à l'agriculture s'est opéré essentiellement au cours de la seconde moitié du 20^{ième} siècle. Auparavant, les disciplines liées à l'agriculture étaient cultivées et enseignées dans des institutions généralistes liées aux sciences naturelles, comme le Muséum d'Histoire naturelle de Paris où se mêlaient recherche de base et préoccupations médicales ou agronomiques. Ainsi, avant la mise en place de l'ORSTOM (actuellement IRD) en 1943, cet établissement avait-il créé plusieurs chaires visant à la mise en valeur des colonies françaises : Pêches et Productions coloniales d'origine animale (1920), Productions coloniales d'origine végétale (1929), Entomologie agricole coloniale (1942).

Cette différenciation et autonomisation progressive des sciences agronomiques s'est faite en s'appuyant sur des principes explicites ou implicites que nous nous proposons d'identifier et d'analyser. Nous souhaitons en effet montrer, dans un premier temps, que ces principes ont représenté des ruptures plus ou moins brutales avec ce qu'étaient les pratiques antérieures du monde agricole et qu'ils ont effectivement permis l'adaptation rapide de l'agriculture aux enjeux de cette période. Dans un second temps, nous examinerons les limites qui sont apparues progressivement dans la mise en œuvre de ces principes. Nous développerons l'idée qu'ils ne sont plus adaptés aux enjeux de l'agriculture du 21^{ième} siècle, que ce soit dans les pays développés ou dans le contexte plus général de l'alimentation mondiale. Nous concluons sur la nécessité de refonder le système de recherche agronomique sur de nouveaux principes, constituant globalement un nouveau « paradigme », tout en étant d'ores et déjà conscient des limites et des inévitables a priori idéologiques de cette nouvelle approche.

¹ Grignon en 1826, Paris (initialement à Versailles) et Montpellier en 1848, Rennes en 1896. La création des écoles vétérinaires est plus ancienne (1763 pour Lyon, 1766 pour Paris) mais obéissait à d'autres préoccupations que le seul développement de l'agriculture.

I.

Des hommes expérimentés à la démarche expérimentale : l'irrésistible professionnalisation de la recherche agronomique

Depuis le début des agricultures dans diverses régions du monde il y a environ 10.000 ans, il est évident que d'innombrables « innovations » – nous sommes conscient du caractère anachronique du terme – ont eu lieu pour développer des modes de culture et d'élevage et les adapter aux multiples contraintes de la sédentarité. Ces évolutions ont notamment permis, si ce n'est induit, le développement d'une population mondiale qui serait passée de moins de 10 millions d'individus au début du néolithique à plus de 200 millions aux alentours de l'an 1000². Au cours de cette centaine de siècles, ces innovations se sont appuyées sur les pratiques des agriculteurs eux-mêmes, sur leurs observations minutieuses – notamment pour domestiquer progressivement les espèces en exploitant la diversité spontanée³ – et sur des échanges sans doute importants d'informations, mais aussi de produits, entre l'ensemble de ces agriculteurs. Ainsi le mouton domestique, présent au Moyen-Orient dès 7000 av JC, avait-il atteint le nord des Iles britanniques dès 4300 av JC, redonnant au passage des formes sauvages aujourd'hui considérées comme faisant partie du patrimoine naturelle, comme le mouflon corse⁴.

Un élément crucial dans ce système d'innovation était la transmission de ces connaissances entre les générations, qui ne pouvait se faire que par un apprentissage au quotidien auprès d'hommes et femmes expérimentés. Les multiples dictons énonçant des relations empiriques entre phénomènes et guidant les pratiques quotidiennes expriment remarquablement ces savoirs profanes peu à peu acquis par des générations d'agriculteurs.

L'émergence d'un nouveau modèle d'innovation

L'importance et, surtout, la reconnaissance de ce système d'innovation profane se sont cependant peu à peu affaiblies lors du développement de la recherche agronomique « moderne ». L'impression d'un immobilisme du monde agricole – liée sans doute à une observation beaucoup trop hâtive – a fait considérer que ces savoirs empiriques constituaient en fait des facteurs d'immobilisme. Pire, le caractère souvent local de ces savoirs, le fait que les relations observées – par exemple la prise en compte des cycles lunaires dans les semis – n'étaient pas basées sur des relations causales établies, voire reflétaient une vision « magique » du monde⁵ ont conduit à les présenter comme « non-scientifiques » et donc

² Voir J.N. Biraben, 2003. « L'évolution du nombre des hommes ». Population et Sociétés, n° 394.

³ Voir par exemple l'histoire du figuier domestique, à partir de la sélection dans la nature de mutants spontanés stériles (« La figue avant le blé », La Recherche, n° 400, p. 18).

⁴ Voir J.D. Vigne, 2004. « Les débuts de l'élevage ». Collection « Le collège de la Cité », Ed. Le Pommier-La cité, Paris.

⁵ Nous reviendrons sur cette notion dans la quatrième partie.

incompatibles avec l'ambition de développer des connaissances rationnelles et de portée universelle.

A l'extrême, admettre l'intérêt heuristique⁶ de ces savoirs, c'est-à-dire les considérer non comme des acquis mais comme des hypothèses de travail méritant d'être validées ou infirmées par une démarche expérimentale apparaissait déjà comme suspect. A titre d'exemple, l'intérêt du physicien Yves Rocard, professeur à l'Ecole Normale Supérieure, pour les pratiques des sourciers était considéré par ses collègues au mieux comme un violon d'Ingres !

A l'expérience d'hommes expérimentés devait donc se substituer les expériences des expérimentateurs, l'*experientia* faire place à l'*experimentum*⁷. En outre, ces expériences devaient désormais se réaliser dans des lieux dédiés – fermes expérimentales, serres, voire laboratoires – dans des conditions contrôlées permettant de faire varier séparément les différents facteurs. C'est l'avènement de la « planification expérimentale », appuyé sur des dispositifs statistiques élaborés. La consultation des ouvrages de statistiques des années cinquante montre à quel point les besoins de la recherche agronomique ont stimulé l'essor de cette discipline. Dernière étape de cette prise de distance, les expérimentations peuvent parfois s'appuyer sur des espèces « modèles » (drosophile, souris, arabette des dames) souvent considérées par les agriculteurs plutôt comme des nuisances que comme des espèces d'intérêt !

Par rapport à cette recherche « professionnelle », les agriculteurs deviennent peu à peu des « applicateurs », parfois associés à la phase terminale de développement d'innovations (tests multilocaux d'une variété ou d'un produit phytosanitaire), parfois fournisseurs d'informations de base alimentant des calculs informatiques complexes (valeur génétique d'un taureau à partir de milliers de données de lactation), parfois simples consommateurs d'une information qui leur est délivrée en même temps que les nouveaux produits de cette recherche (période et mode d'utilisation d'engrais ou de pesticides).

Pour accompagner la diffusion de ce nouveau modèle de connaissance, les fermes « modèles », cultures de démonstration, clubs élitistes d'applicateurs particulièrement performants (le « club des 100 quintaux » en blé) constituent des vitrines permettant aux agriculteurs de percevoir la « marge de progrès » qui leur est offerte, l'écart entre leurs performances et ces optimums étant qualifié par les économistes du terme péjoratif « d'inefficacité technique ».

L'efficacité de ce modèle, par rapport aux objectifs explicites d'augmentation de la production agricole, tant dans les pays développés que dans les pays en développement, est indéniable. Rappelons seulement les craintes des années cinquante sur la croissance démographique et l'alimentation de l'Asie, que la « révolution verte » semble avoir, au moins jusqu'à maintenant, écartées. Pour ne donner qu'un chiffre, la ration calorique quotidienne des 6,3 milliards d'habitants de la planète en l'an 2003 était de 25% supérieure à celle des 3 milliards d'habitants de 1961, ce qui représente une progression annuelle de la production alimentaire totale de près de 5%⁸.

Indiquons enfin que cette « professionnalisation » de la recherche n'est pas spécifique du domaine agricole et a caractérisé l'ensemble des disciplines à partir du 18^{ème} siècle. La démarche expérimentale s'est en effet souvent affirmée, et a acquis sa légitimité, en contestant

⁶ C'est-à-dire qui sert à la découverte, qui stimule la recherche.

⁷ M. Callon, P. Lascoumes, Y. Barthe, 2001. « Agir dans un monde incertain ». Ed. du Seuil, Paris, p.70.

⁸ Source faostat.fao.org

des aphorismes traditionnels – le soleil tourne autour de la Terre, la nature a horreur du vide, la lumière blanche est « pure », le sang ne retourne pas au cœur, l'eau et l'air sont des éléments simples – et il est donc compréhensible que cette attitude critique ait été partagée par les fondateurs des sciences agronomiques, et même érigée en principe idéologique de contestation systématique d'une tradition jugée obscurantiste. Comme le fait dire Molière, défenseur des « Modernes », au docteur Diafoirus, symbole de la tradition, à propos de son fils Thomas, présenté préalablement comme passablement demeuré : « *Ce qui me plaît en lui, et en quoi il suit mon exemple, c'est qu'il s'attache aveuglément aux opinions de nos anciens, et que jamais il n'a voulu comprendre ni écouter les raisons et les expériences des prétendues découvertes de notre siècle, touchant la circulation du sang et autres opinions de même farine* »⁹.

Cette attitude a trouvé au 19^{ième} siècle sa justification philosophique dans la doctrine du positivisme scientifique d'Auguste Comte, qui, dans sa « Loi des trois états », identifiait « l'âge de la science » comme « l'état positif », succédant, dans la progression de l'humanité, aux états théologique puis métaphysique. Elle a également été induite par l'ambition de conduire des approches de plus en plus précises et rigoureuses. Nous renvoyons en particulier à l'ouvrage déjà cité de Michel Callon *et al.*⁴ pour une description très détaillée et une analyse critique de ce « *grand enfermement* » et des différentes phases de cet éloignement progressif des « experts », monopolisant peu à peu l'élaboration et la transmission des savoirs, vis-à-vis des profanes.

Brièvement, ces auteurs distinguent trois phases, qu'ils dénomment « traductions » : la première est l'identification et la simplification d'un phénomène du monde réel - par exemple la chute des corps - pour en faire une entité étudiable en milieu contrôlé (des boules sur un plan incliné) ; la seconde est la transformation de ce phénomène concret en une « représentation » (un modèle qualitatif ou quantitatif) censée exprimer la nature profonde du phénomène, par exemple la « Loi de la chute des corps » indépendante de leur masse ; la troisième enfin sera la projection de cette nouvelle représentation en des innovations concrètes qui devront s'imposer dans le monde réel (le calcul des canons), voir lui imposer des adaptations.

Nous allons voir dans ce qui suit plusieurs exemples de ces différentes « traductions ».

Des limites de plus en plus évidentes

Pourquoi donc s'interroger aujourd'hui sur les limites de ce « système de connaissance » ? Nous appuierons notre critique sur cinq considérations.

Les effets pervers de l'ambition « universaliste »

La première est liée à l'ambition des sciences agronomiques d'élaborer en priorité des savoirs à large portée, tant dans l'espace que dans le temps. Cet esprit « universaliste » exprime pour partie des préoccupations de légitimité scientifique sur lesquels nous reviendrons dans la quatrième partie. Elle résulte également de contraintes pratiques, à savoir la relative lenteur de l'élaboration des innovations dans le domaine agronomique – durée de création d'une variété, d'un produit phytosanitaire, élaboration d'un vaccin vétérinaire – et, en

⁹ Le Malade imaginaire, Acte II, scène VI.

termes économiques, au coût des investissements sous-jacents, ces deux aspects, durée et coût, étant assez indépendants de la taille du marché potentiel.

D'où une priorité et une focalisation sur des systèmes de culture importants, tendance qui, contrairement à ce que l'on pouvait espérer (notamment lors de l'apparition des biotechnologies), semblent aller plutôt en se renforçant. En effet, le développement de méthodes et d'outils sans cesse plus performants semble plus que compensé par la complexité croissante des problèmes à résoudre pour obtenir de nouveaux progrès. Comme me le confiait en plaisantant un sélectionneur américain de maïs à propos de la génomique : « *Cela me permet de créer beaucoup plus vite une mauvaise variété à partir d'une bonne mais pas d'en obtenir une meilleure* ». En outre, les contraintes réglementaires croissantes, souvent légitimes, de mise sur le marché des produits contribuent également à l'alourdissement du processus d'innovation. La concentration des portefeuilles des semenciers privés¹⁰, mais aussi de la recherche publique, sur un petit nombre d'espèces illustre ce phénomène de concentration.

Une solution classique à cette question de « l'espace de diffusion » des innovations a été d'améliorer l'homogénéité des pratiques, en développant des systèmes de culture standardisés que les agriculteurs étaient incités à adopter, en recourant éventuellement à divers intrants (énergie, irrigation, engrais...) permettant de corriger les écarts de leur situation par rapport à ces références. Les modèles de la serre horticole où des élevages hors sol de volailles constituent des exemples emblématiques de ces systèmes « clés en main » susceptibles d'être implantés sur l'ensemble de la planète. En complément de cette approche technique d'uniformisation des systèmes de production, le développement de politiques agricoles visant à stabiliser dans le temps les données économiques de ces systèmes – prix garantis, quotas de production, gestion des excédents – a permis aux agriculteurs, au moins dans les pays développés, d'investir, tant techniquement que financièrement dans ces systèmes de production « modernes » avec une forte assurance sur leur rentabilité.

De manière paradoxale, on peut considérer que l'on a opéré une « inversion » du processus d'innovation, c'est-à-dire que l'on est passé de la quête d'innovations adaptées aux modes de production existants à la mise en place de modes de production adaptés aux caractéristiques et contraintes des innovations ! C'est ce que Michel Callon appelle la « laboratorisation » du monde : « *Pour que le monde se comporte comme dans le laboratoire des chercheurs, [...] il faut tout simplement transformer le monde pour qu'en chaque point stratégique soit placée une « réplique » du laboratoire, ce site où l'on sait contrôler les phénomènes étudiés* »¹¹.

Or, les données technico-économiques tant actuelles que prévisibles – qu'il s'agisse du coût croissant des intrants permettant de standardiser un mode de production ou de la libéralisation progressive des marchés agricoles – remettent profondément en cause la possibilité de créer et maintenir ces vastes espaces de stabilité et d'uniformité qui permettaient de miser durablement sur un système de production. A ces quelques modèles standards se substituent pour la plupart des agriculteurs¹² une multitude de systèmes de production individuels, qui n'ambitionnent ni la généralisation dans l'espace, ni la validité

¹⁰ En 2004-2005, le maïs et le sorgho représentaient à eux seuls 33% du chiffre d'affaires des semenciers français (1943 millions d'euros). En ajoutant les céréales à paille, la betterave et la pomme de terre, l'ensemble représente 61% du CA total (source : GNIS). Aux USA, le maïs et le soja représentent ensemble 55% de la valeur total des semences vendues (source USDA).

¹¹ M. Callon et al., *ibid*, p. 98.

¹² Il restera certes, dans certaines zones de la planète, des cultures de « commodités » à vocation mondiale (soja, maïs...) mais elles concerneront un petit nombre d'agriculteurs.

dans le temps mais visent à permettre, localement et à court terme, une poursuite des activités agricoles.

Du fait des contraintes précédemment évoquées, la recherche agronomique « moderne » se révèle profondément désarmée pour répondre à cette diversité. En outre, ces nouveaux systèmes renouent souvent – du fait notamment de l'augmentation du coût des intrants – avec les économies de gamme (complémentarités techniques ou économiques entre différentes productions, à l'image des systèmes de polyculture-élevage), explorent des marchés localisés et restreints et ont une rationalité économique intégrant fréquemment des revenus du foyer extérieurs à l'agriculture. Ces trois évolutions sont assez étrangères aux options classiques de la recherche agronomique, qui a plutôt misé sur les économies d'échelle (culture ou élevage à grande échelle d'une seule espèce à partir d'intrants externes) dans des entreprises agricoles considérées comme des entités économiques autonomes et visant de vastes marchés internationaux. Pour prendre une analogie avec le domaine biomédicale, les agricultures « orphelines » apostrophent et remettent en cause de plus en plus la capacité des experts à apporter des solutions aux problèmes concrets qu'elles soulèvent.

Une optimisation dans un cadre étriqué

Notre seconde critique est liée au nombre restreint de variables et de critères pris en compte dans l'optimisation de ces systèmes de productions « standards ». En effet, les contraintes de la planification expérimentale amènent à ne choisir, lorsqu'un grand nombre de « variables d'entrée » (eau, engrais, protéines alimentaires...) sont susceptibles d'influer sur un grand nombre de critères résultants (rendements, qualités, impacts...), qu'un sous-ensemble restreint de critères – ceux ayant généralement la plus grande importance micro-économique – et de variables – celles ayant le plus grand impact, pour un coup économique donné, sur les critères retenus. Cette restriction, dont nous analyserons plus en détail la rationalité dans la troisième partie, conduit à négliger, et donc souvent à ne pas mesurer l'évolution d'autres critères, par exemple les fuites de nitrates ou pesticides en fonction des doses et modes d'usages, alors que la « fonction de production » de ces variables, à savoir la relation entre leur utilisation et les gains économiques résultant, est estimée de manière extrêmement précise.

De même, un changement du coup économique des intrants, par exemple de l'irrigation, révèle le manque de connaissances sur la possibilité de manipuler d'autres variables (espèces ou variétés, pratiques culturales...) pour permettre une production rentable sans recourir à ces intrants. En outre, l'éventuelle évolution défavorable de certains critères considérés comme « secondaires » – par exemple la teneur protéique des laits dans le cas de la sélection laitière ou les aptitudes au vêlage lors d'une sélection pour la production de viandes – n'est parfois perçue que tardivement, lorsque ces évolutions sont dénoncées par les agriculteurs ou les utilisateurs de leurs produits.

Enfin, les fonctions de production des intrants ont souvent été étudiées de manière beaucoup plus précise au voisinage de l'optimum que lorsque l'on s'en éloigne notablement, alors que ces fonctions sont souvent, économiquement parlant, non monotones¹³. Cette étroitesse de « l'espace d'optimisation » des systèmes de production et son corollaire, le manque d'informations fiables en dehors de cet espace, apparaissent constituer un véritable tendon d'Achille de ces systèmes, dès lors que les agriculteurs sont amenés à s'adapter à de

¹³ Au sens mathématique du terme : lorsque l'usage de l'intrant croît, le bénéfice n'augmente pas systématiquement jusqu'à un maximum mais peut révéler des maximums et minimums successifs.

nouvelles contraintes. Pour prendre une image analogie montagnarde, ces systèmes sont comme des points culminants attractifs qui seraient proposés aux randonneurs, mais sans leurs indiquer si le chemin permettant en cas de problème de rejoindre un autre sommet, éventuellement moins haut, est une pente douce ou oblige à franchir plusieurs vallées aux pentes abruptes.

Une vision biaisée de la dynamique de l'innovation

Troisième observation qui interroge cette recherche experte, de nombreux travaux de sociologie soulignent de plus en plus la capacité d'innovation empirique de la société « profane » et remettent en cause le modèle « linéaire », qui présente l'innovation comme un produit ultime découlant d'une chaîne causale la reliant à la recherche fondamentale, via la recherche appliquée et le développement. Pour prendre l'exemple des moyens de transport – de la bicyclette à l'avion en passant par la machine à vapeur – on peut constater, d'une part, que ces innovations sont les produits d'inventeurs empiriques et que, d'autre part, les bases théoriques de leur fonctionnement n'ont souvent été établies qu'*a posteriori*. L'angle optimal de la fourche d'une bicyclette a été défini par essais et erreurs, le calcul mathématique étant assez complexe, la thermodynamique a été développée par Carnot pour comprendre et améliorer les machines à vapeur (et non l'inverse) et la possibilité de faire voler un objet « plus lourd que l'air » s'est heurté au scepticisme de la science officielle, sans parler des craintes de physiologistes pour les poumons des voyageurs traversant à vive allure des tunnels dans les wagons du chemin de fer !

Dans une période plus récente, un phénomène similaire s'observe dans le domaine du sport (l'amélioration des planches à voile ou des VTT est pour l'essentiel le fruit des utilisateurs), de l'informatique et des télécommunications (le système WIFI est au départ un bricolage d'utilisateurs lassés des multiples câbles reliant les appareils, de même que les balbutiements de l'Internet résulte du souhait de scientifiques de pouvoir communiquer entre eux via leurs ordinateurs, sans parler de la saga des logiciels libres) ou des systèmes d'information (l'encyclopédie en ligne WIKIPEDIA est aujourd'hui l'une des plus consultées et se construit quotidiennement par les contributions spontanées de ceux qui la consultent)¹⁴.

Autrement dit, le modèle linéaire précédemment évoqué est peut-être valable pour des technologies lourdes, résultant de percées de la recherche fondamentale et conduisant à des innovations de « rupture » (l'énergie nucléaire, le laser, le génie génétique...) mais il ne saurait être généralisé à l'ensemble des processus d'innovation, dont les sources et les moteurs apparaissent beaucoup plus divers et dans lesquels la recherche « experte » intervient souvent davantage *a posteriori*, pour optimiser une innovation existante, qu'*a priori*¹⁵. En outre, sans vouloir affirmer ici un lien trop fort entre niveau de formation et capacité d'innovation des individus, il nous semble que le développement, au cours du 20^{ème} siècle, du niveau de formation de la population des pays développés atténue fortement la distinction entre « experts » et « profanes » – bien des agriculteurs sortent des mêmes écoles que les

¹⁴ On trouvera une analyse détaillée de cette innovation profane dans E. Von Hippel, 2005. « Democratizing innovation », MIT Press, 214 p.

¹⁵ Nous renvoyons pour un plus long développement sur ce nouveau modèle d'innovation à un travail réalisé dans le cadre de l'opération de prospective « FUTURIS » : CHEVASSUS-au-LOUIS B., LAMBLIN V., SCHMIDT P., 2004. Socialiser l'innovation : un pari pour demain. In « Avenirs de la recherche et de l'innovation en France » Sous la direction de LESOURNE J., BRAVO A., RANDET D., pp. 175-228. Ed. La Documentation Française, collection Etudes, ISSN 1763-6191.

agents de la recherche agronomique – et représente un « potentiel de compétences » dont on ne mesure sans doute pas suffisamment l'importance¹⁶.

Les experts peuvent être irrationnels... et les profanes rationnels

Une quatrième critique de cette marginalisation des profanes est venue également des travaux de sociologie sur les pratiques de la recherche et nous renverrons en particulier aux travaux de Bruno Latour¹⁷ dans ce domaine. Nous avons en effet souligné que la défiance vis-à-vis des savoirs profanes était en grande partie fondée sur l'idée que ces savoirs résultaient essentiellement de croyances, de représentations irrationnelles, et qu'il convenait de leurs substituer des connaissances fondées sur des faits vérifiables et répétables. Experts et profanes incarnaient donc deux pôles, d'un côté celui des faits, des connaissances objectives et de la pensée rationnelle, de l'autre celui des valeurs, des opinions subjectives et de la « pensée magique ». Cette vision manichéenne, quoique encore aujourd'hui souvent énoncée, ne résiste pas à une analyse fine de la réalité.

Il est tout d'abord aisé de montrer que de nombreuses connaissances profanes, parfois complexes, ont un fondement objectif. Le cas de la pharmacopée traditionnelle, en particulier des propriétés thérapeutiques des plantes, illustre bien ce phénomène, à tel point qu'elle a constitué – et continue à représenter¹⁸ – une source majeure d'innovations pour l'industrie du médicament. A noter dans ce cas que l'origine de ces savoirs est sans doute parfois très ancienne, puisque des travaux récents¹⁹ montrent qu'il existe une « pharmacopée animale », en particulier chez les grands singes, qui connaissent et utilisent diverses plantes aux vertus antiparasitaires. Ceci n'exclut pas que ces connaissances ne s'entremêlent parfois avec des représentations mythologiques, comme la « théorie des signatures » développée notamment par Paracelse au 16^{ième} siècle – et dont on trouve encore aujourd'hui quelques réminiscences - qui voulait que Dieu dans sa bienveillance ait laissé sur les plantes des indications de leur usage potentiel, tâches blanches des feuilles de la « pulmonaire » indiquant son rôle bienfaisant dans le traitement de la toux, forme humaine des racines de la mandragore ou du ginseng signalant leurs liens avec la virilité, propriétés anti-tumorales du gui lié à son caractère de « tumeur végétale ».

A l'inverse, comme l'a fort bien montré B. Latour dans son analyse de nombreux cas concrets, les scientifiques manipulent et entrelacent eux-mêmes un ensemble complexe de faits et de valeurs et leur interprétation des faits traduit souvent un système de valeurs qui, sans être explicite n'en joue pas moins un rôle indéniable dans les théories qu'ils peuvent élaborer ou réfuter. Quelques exemples historiques, parmi d'autres : Quand Leibniz a énoncé, en introduisant le calcul infinitésimal, la célèbre maxime « *natura non fecit saltus* » (la nature ne fait pas de saut), on peut dire qu'il justifiait la pertinence d'une théorie mathématique avec un aphorisme qui sentait bon la métaphysique ; lorsque Newton affirme que la lumière blanche contient sept couleurs (alors qu'il s'agit en fait d'un spectre continu) et rejoint ainsi le chiffre symbolique des sept jours de la création, eux-mêmes liés aux sept planètes connues à cette époque, ne projette-t-il pas sa représentation d'une certaine harmonie de l'univers ;

¹⁶ Ce potentiel se manifeste notamment dans le développement de structures de contre-expertise scientifiques issues de la société civile dans les domaines comme le nucléaire, les médicaments, les OGM...

¹⁷ Voir en particulier : « Le métier de chercheur. Regard d'un anthropologue ». 1995. Collection Sciences en question. Ed. INRA, Paris et « Politiques de la nature ». 1999. Ed. La Découverte, Paris.

¹⁸ La question des « savoirs locaux », de leur propriété intellectuelle et de leur utilisation est un point important et polémique de la Convention de Rio sur la biodiversité.

¹⁹ Voir par exemple S. Krief, 2004. « La pharmacopée des chimpanzés », Pour la Science, n° 325, 76-80.

lorsque Einstein s'exclame « *Dieu ne joue pas aux dés* » pour contester le caractère non-déterministe de la mécanique quantique naissante, ne se réfère-t'il pas à une représentation du monde dépassant de très loin celle issue des observations objectives ?

Plus récemment, les vifs débats sur les rôles respectifs de l'hérédité et de l'environnement dans le déterminisme des caractères – par exemple la querelle relative à l'intelligence humaine – semblaient refléter davantage les opinions politiques des protagonistes que leur volonté d'interpréter objectivement les observations disponibles. De même, la construction d'une vision déterministe du génome et de son expression, basée sur une analogie avec un programme informatique se déroulant de manière quasi-inexorable, a conditionné une grande partie du discours de la biologie moléculaire, notamment la notion « d'identification du gène » d'une maladie ou d'un trait comportemental. Ce n'est qu'assez récemment que le caractère idéologique de cette métaphore a été souligné par plusieurs scientifiques²⁰.

Certes, la recherche produit, souvent après de longues années d'observations et de discussions, un « noyau » de connaissances dûment vérifiées qui apparaissent effectivement objectives et ne sauraient être contestées, à moins de tomber dans un relativisme radical. On se souvient du scandale provoqué par l'article-canular d'Alan Sokal dénonçant le caractère socialement contingent de certains concepts mathématiques ou physiques²¹. Mais il existe également dans le quotidien de la recherche toute une série de savoirs « en devenir », qui font l'objet de consensus plus ou moins larges mais sont néanmoins utilisés pour élaborer, diffuser ou évaluer des innovations. Comme l'écrit avec humour B. Latour : « *Il y a des faits mous, il y a des faits un peu vrais, il y a des faits un peu chauds, un peu froids, un peu anciens [...] Ce qui est fréquent aussi, ce sont les faits qui traînent : oui, effectivement, des tas de gens sont plus ou moins au courant depuis très longtemps... [...] MacMachin a publié deux ou trois papiers là-dessus, mais bon, il est dans cette université du Middle West...* ».

Ainsi, le débat sur l'existence de la génération spontanée, soumise à la démarche expérimentale dès le 17^{ième} siècle, n'a été considéré comme clos que par la remise à Pasteur, en 1862, du Prix que l'Académie des Sciences avait consacré à cette question²². Contrairement à une vision caricaturale souvent propagée, les détracteurs de Pasteur étaient eux-mêmes des adeptes de la démarche expérimentale et produisaient des expériences contradictoires que Pasteur dû interpréter et réfuter. En outre, la possibilité de la synthèse de la vie à partir de la matière inerte avait été mise en évidence par les réussites de la chimie organique (synthèse de l'acide oxalique, puis de l'urée par Wöhler en 1824 et 1828), qui avaient donc écarté la théorie vitaliste d'un « principe » spécifique au vivant.

Autre exemple, la controverse, sur lequel nous reviendrons, autour des méthodes permettant d'attester de l'innocuité d'un médicament, d'un aliment ou d'un produit

²⁰ Voir H. Atlan, 1999. « La fin du tout génétique ? », Collection Sciences en question. Ed. INRA, Paris et J.P. Kupiec et P. Sonigo, 2000. « Ni Dieu ni gène », Ed. du Seuil, Paris.

²¹ Alan Sokal, physicien américain a fait paraître en 1996 dans une revue connue de sciences sociales, Social Texts, un article intitulé « Transgressing the Boundaries: Toward a transformative Hermeneutics of Quantum Gravity » dans lequel il énonce, en empruntant au vocabulaire des sciences sociales, des aphorismes comme : « l'axiome selon lequel deux ensembles sont identiques s'ils ont les mêmes éléments est un produit du libéralisme du XIX^{ième} siècle ». Le fait que cette mystification n'ait pas été repérée par les éditeurs de la revue a conduit à un vif débat autour de la crédibilité des sciences sociales. Pour plus de détails, voir par exemple www.union-rationaliste.org/Affaire_Sokal.html

²² Voir P. Durris, 2006. « La génération spontanée, 2500 ans pour conclure », La Recherche, 400, 62-66.

phytosanitaire : bien que « scientifiques », ces méthodes s'appuient sur un ensemble de principes et de postulats dont on ne peut nier qu'ils expriment des « valeurs » sous-jacentes²³.

Par ailleurs, les choix mêmes des thèmes de recherche peuvent traduire également des opinions sous-jacentes sur ce qu'il est « préférable » d'améliorer ou sur les méthodes d'amélioration à privilégier²⁴ : ainsi, le fait de chercher à contrôler un problème phytosanitaire par la lutte biologique, les pratiques culturales, la lutte chimique ou la lutte génétique (y compris les OGM) ne résulte sans doute pas entièrement d'une analyse objective de l'efficacité potentielle de ces différentes approches ; de même, les débats entre scientifiques sur la nécessité de développer des travaux sur le bien-être animal et sur les approches à adopter – améliorer l'environnement ou adapter par sélection l'animal – témoigne à notre avis de la diversité philosophique des représentations, parmi les scientifiques, du statut relatif de notre espèce et des autres espèces animales.

Experts et profanes combinent donc, à des degrés variés, faits et valeurs pour élaborer leurs « connaissances » et la reconnaissance mutuelle de ces « systèmes de connaissance », qui passe par une compréhension réciproque de leur rationalité, nous semble un préalable à l'élaboration d'une approche commune.

Trop de dégâts collatéraux... et imprévus

Le dernier point de cette analyse critique de la recherche « experte » est sans doute celui qui a le plus ému l'opinion publique au cours de la fin du 20^{ième} siècle. Il s'agit de la perception, par les profanes, du caractère non totalement maîtrisé des conséquences des innovations, révélé par les multiples crises sanitaires – amiante, vache folle, sang contaminé, distylbène – crises dans lesquelles les aspects liés à l'agriculture et à l'alimentation ont eu une part majeure. Ces crises ont en effet montré que des risques importants liés aux innovations pouvait se révéler après de nombreuses années et n'avait pas été identifiés par les experts lors de la mise en œuvre de ces innovations. Cette expérience concrète, vécue par la société, a conduit à remettre en cause le « pacte social implicite », qui postulait que le transfert aux experts de la production et de l'évaluation des innovations – les profanes devenant de simples consommateurs – allait représenter un progrès incontestable, tant dans le rythme que dans la qualité et la sécurité de ces innovations. Elle a développé également une « culture profane du risque » dans laquelle les citoyens, à la lumière de ces expériences, ont élaboré leur propre cadre de lecture pour appréhender de nouvelles innovations – OGM, nanotechnologies – afin de se forger une opinion indépendamment des analyses de risque développés par les experts²⁵. La phrase souvent citée « *Les OGM, c'est comme la vache folle* », considérée par les experts comme manifestant un amalgame aberrant, illustre bien cette perception. Elle traduit l'idée que ce qui s'est passé pour la vache folle pourrait bien se reproduire pour les OGM et qu'il convient donc, quoiqu'en disent les experts, de les considérer dans cette optique.

Certains, comme le philosophe et généticien Michel Tibon-Cornillot²⁶, considèrent en outre que cette tendance de la « technoscience » à développer des innovations à partir de

²³ Voir notamment B. Chevassus, 2001. « L'analyse du risque alimentaire : quels principes, quels modèles, quelles organisations pour demain? », OCL, 8, 287-294.

²⁴ Sans négliger d'autres aspects, comme les soutiens financiers mobilisables.

²⁵ Pour une analyse plus détaillée de cette opposition entre experts et profanes dans la perception des risques, voir par exemple B. Chevassus, 2000. « Retour de l'irrationnel ou conflit de rationalités. Que mangeons-nous? », *Projet*, 261, 63-72.

²⁶ Voir par exemple son article : « A propos du clonage humain : querelles d'experts et illusions bioéthiques », *Natures, Sciences, Sociétés*, 1998, 6 (3), 5-17.

processus imparfaitement compris ira croissante, du fait de l'émergence de la recherche privée et de ses impératifs de rentabilité à court terme, mais aussi des critères de compétitivité qui s'appliquent à l'ensemble du dispositif de recherche. On peut remarquer par exemple que la téléphonie mobile a envahi la planète alors que le débat sur l'innocuité des ondes électromagnétiques est encore vif dans la communauté scientifique²⁷.

II.

Des réalités sociétales aux objets durs et sans histoire : Simplification pragmatique ou réductionnisme philosophique ?

Le second aspect de la recherche agronomique « moderne » que nous souhaitons mettre en lumière est celui de la simplification progressive des questions posées, qui a conduit à transformer, de manière plus ou moins perçue par les chercheurs, des réalités sociales complexes en objets souvent monodisciplinaires, susceptibles d'être traités par les seules sciences « dures » et expérimentales, physique, chimie, physiologie...

Animaux, sols, aliments, trois exemples de simplifications efficaces mais appauvrissantes

Il nous semble intéressant de visiter tout d'abord quelques exemples de cette traduction qui, pour reprendre les termes de Callon *et al.*, «*substitue à une réalité complexe et énigmatique une réalité plus simple, manipulable, mais qui demeure néanmoins représentative*»²⁸.

Le premier exemple est celui de l'échange de reproducteurs, couramment pratiqué entre les agriculteurs. Ces échanges s'inscrivent à l'évidence dans une dynamique sociale complexe, faite de reconnaissance mutuelle et de renforcement de solidarités face aux aléas de l'avenir. Même limité à sa seule dimension biologique, cet accueil de reproducteurs extérieurs impliquait un jugement sur leurs caractères sanitaires, comportementaux (insertion dans le troupeau, aptitude à la monte...), voire sur des aspects esthétiques et émotionnels permettant à l'éleveur de fonder ce choix capital d'un « bon » reproducteur.

La réduction de cette complexité, via l'insémination artificielle et le calcul de la seule « valeur génétique » des reproducteurs pour un nombre restreint de caractères, a éliminé la plupart de ces aspects. Le reproducteur, qui ne pénètre plus dans les élevages que sous forme de paillettes congelées, est réduit à un simple index abstrait, nombre sans dimension permettant seulement d'estimer le surcroît de performances techniques ou économiques du troupeau que cette insémination va générer. L'essentiel des travaux de la recherche agronomique s'est donc focalisé sur l'amélioration de cet index.

²⁷ Voir par exemple les actes du colloque de l'Académie des Sciences « Communication mobile. Effets biologiques », Paris, avril 2000. Ed. TEC & DOC Lavoisier, Paris.

²⁸ Callon *et al.*, *ibid.*, p. 77.

Autre exemple, celui de l'étude des sols. La réalité de départ est un écosystème complexe, hétérogène dans sa structure, remodelé en permanence par une faune de vertébrés et d'invertébrés et par une flore microbienne en grande partie inconnue mais qui conditionnera une grande partie des propriétés de ce sol. Le réduire à un substrat, réaliser une classification basée essentiellement sur des propriétés physico-chimiques et le caractériser par ses capacités de rétention d'eau ou d'engrais minéraux a été une démarche classique de la recherche agronomique, conduisant même à l'élaboration de « supports de culture » inertes pour des cultures « hors sols ». Parallèlement, à la suite des célèbres travaux de Liebig sur la nutrition minérale des plantes (1840), s'opérait la réduction du problème de la fertilité des sols à un problème d'apports et de bilan d'éléments chimiques simples. La « science du sol » devenait ainsi l'apanage des physico-chimistes.

Le dernier exemple, que nous détaillerons davantage, est celui de l'alimentation, réalité accompagnée dans toutes les civilisations d'une multitude de traditions, rites, interdits, symboles, qui font de la quête et de la consommation d'aliments un des actes majeurs de la vie d'une société. On peut identifier quatre étapes dans le processus de réduction de la complexité.

La première est le passage de l'alimentation à l'aliment, considéré comme l'objet le plus important du processus, et qui permet une « désocialisation » de la question et, de ce fait, l'élaboration de connaissances plus générales, non liées aux multiples contextes culturels. La seconde est la décomposition de l'aliment en « nutriments », lipides, protéines, glucides, sels minéraux, pouvant faire l'objet d'études séparées visant à définir leur fonction spécifique. Elle permet ainsi de formuler de manière rationnelle les besoins alimentaires en « besoins quotidiens » en protéines ou en acides gras essentiels. La troisième réduction est rendue possible par la décomposition de ces nutriments complexes en entités élémentaires, acides aminés, sucres simples, censés représenter les produits ultimes de la digestion et donc les « véritables » aliments de nos cellules. On peut ainsi comparer et évaluer des sources nutritionnelles variées, par exemple diverses protéines animales et végétales, en utilisant comme dénominateur commun leur apports en termes d'acides aminés essentiels, voire les compléter par des produits de synthèse plus ou moins conformes aux molécules naturelles.

Un autre aspect de cette troisième réduction – qui a prévalu au début des recherches en nutrition et demeure une référence – est celui de la « valeur énergétique » des aliments. Suite aux travaux de Lavoisier assimilant la respiration à une combustion, l'idée que les aliments devaient être évalués dans leur capacité à fournir de la « chaleur animale » a suscité un engouement considérable et la chambre calorimétrique est devenue le mètre étalon de l'alimentation. Le docteur Roux, président de la Société Scientifique d'Hygiène Alimentaire²⁹ écrit ainsi en 1906 au Président du Conseil³⁰ : « *L'étude de la production de la chaleur animale et de la nutrition est entrée dans la voie scientifique depuis Lavoisier. La source de chaleur des animaux, de même que celle du travail qu'ils accomplissent, étant dans les combustions qui se passent au sein de leur organisme, on ne peut être renseigné sur celle-ci qu'en mesurant la chaleur et le travail produits, en regard des aliments consommés par l'animal et des matières rejetées. L'usage des chambres calorimétriques [...] permet d'établir le bilan de la nutrition* ».

²⁹ Fondée en 1904, la « Société scientifique d'hygiène alimentaire et de l'alimentation rationnelle de l'homme » se donne comme mission : « l'étude et la vulgarisation des meilleures méthodes d'alimentation scientifique et économique de l'homme dans toutes les conditions de la vie et à tous les âges ».

³⁰ In « La société Scientifique d'Hygiène Alimentaire. Cent ans d'Histoire au service de l'alimentation (1904-2004) ». Ouvrage coordonnée par Jean-Louis Multon et Max Feinberg, 2005, réalisé par PUBLIEZ-VOUS

Ainsi peut intervenir la quatrième étape : décomposé en éléments simples et en énergie, l'aliment devient le domaine de la chimie, comme le proclame en 1896 Marcellin Berthelot³¹ : « *C'est là que nous trouverons la solution économique du plus grand problème peut-être qui relève de la chimie, celui de la fabrication des produits alimentaires. En principe, il est déjà résolu : la synthèse des graisses et des huiles est réalisée depuis quarante ans, celle des sucres et des hydrates de carbone s'accomplit de nos jours, et la synthèse des corps azotés n'est pas loin de nous. (...). Le jour où l'énergie sera obtenue économiquement, on ne tardera guère à fabriquer des aliments de toutes pièces, avec le carbone emprunté à l'acide carbonique, avec l'hydrogène pris à l'eau, avec l'azote et l'oxygène tirés de l'atmosphère. Ce que les végétaux ont fait jusqu'à présent, à l'aide de l'énergie empruntée à l'univers ambiant, nous l'accomplissons déjà et nous l'accomplirons bien mieux, d'une façon plus étendue et plus parfaite que ne le fait la nature (...). Un jour viendra où chacun emportera pour se nourrir sa petite tablette azotée, sa petite motte de matière grasse, son petit morceau de fécule ou de sucre, son petit flacon d'épices aromatiques, accommodés à son goût personnel ; tout cela fabriqué économiquement et en quantités inépuisables par nos usines ; tout cela indépendant des saisons irrégulières, de la pluie, ou de la sécheresse, de la chaleur qui dessèche les plantes, ou de la gelée qui détruit l'espoir de la fructification ; tout cela enfin exempt de ces microbes pathogènes, origine des épidémies et ennemis de la vie humaine. ».*

Comme précédemment, cette démarche de simplification des objets s'est imposée en apportant la preuve de son efficacité. Les gains de production liés au recours à l'insémination artificielle par des taureaux évalués sur les performances de milliers d'apparentés sont apparus spectaculaires par rapport à ce que permettait le simple échange de reproducteurs entre troupeaux proches ; l'utilisation des aliments « composés » est devenu incontournable dans les élevages hors sols et le sigle « NPK³² » s'est imposé comme la référence pour toute pratique de fertilisation.

Des limites de plus en plus prégnantes et dangereuses

Quelles sont les limites que l'on peut percevoir aujourd'hui dans ce processus de « réduction ». Quatre aspects nous semblent à évoquer.

Le premier est celui de la « désocialisation » des objets, c'est-à-dire des processus sociaux qui leurs sont associés et qui expliquent leurs usages dans différents contextes. De ce fait, les sciences sociales ne se sont guère mobilisées dans l'analyse a priori du « cahier des charges » de nouvelles innovations. Elles le sont, par contre, lorsque les innovations issues des seules sciences biotechniques semblent se heurter à des réticences, voire à des refus des utilisateurs. On leur demande alors d'étudier – voire d'améliorer – « l'acceptabilité sociale » de ces innovations, ce qu'elles refusent généralement de faire en revendiquant l'autonomie de leurs problématiques et en dénonçant le risque d'instrumentalisation de leurs disciplines. Lorsqu'elles le font néanmoins, elles jouent le rôle de « médecin-légiste », en explicitant trop tardivement les causes profondes, et qui apparaissent alors *a posteriori* prévisibles, de l'échec observé. Cette dissymétrie de posture entre des sciences considérées comme « innovantes » et d'autres comme « critiques » conduit également les sciences biotechniques à privilégier cet aspect « innovant » et à ne pas accorder une attention suffisante au développement de

³¹ Berthelot M., 1896. « Science et morale ». Ed Calmann-Lévy, Paris, 518 p.

³² Symboles des éléments Azote (N), Phosphore (P) et Potassium (K). Tous les engrais sont caractérisés par leur teneur en ces trois éléments majeurs.

méthodes d'évaluation et de suivi des éventuels impacts sanitaires ou environnementaux de leurs innovations. La faible priorité accordée jusqu'à récemment à des disciplines comme la toxicologie, l'écotoxicologie ou l'épidémiologie au sein de la recherche agronomique illustre ce point de vue.

Le second aspect est celui de l'élimination de la dimension historique des phénomènes, qui conditionne souvent les propriétés d'un système à un instant donné. Si l'aliment n'a pas d'histoire, le mangeur en a une – commencée dès sa naissance et même pendant la gestation – qui va conditionner ses goûts et ses comportements alimentaires et le conduira à définir ce qui lui semble bon pour lui, quoiqu'en disent les experts nutritionnistes. La célèbre phrase de Claude Lévi-Strauss : « *Pour qu'un aliment soit bon à manger, il faut qu'il soit bon à penser* » ne s'applique pas qu'à des tribus lointaines et les chercheurs en alimentation humaine considère aujourd'hui que la mise en place effective de politiques alimentaires est d'abord conditionnée par la prise en compte et la compréhension de tels facteurs.

De même, comprendre les conflits actuels autour du maïs OGM dans le Sud-Ouest de la France ne peut guère se faire sans étudier la longue histoire locale de cette plante « étrangère », depuis son introduction au 16^{ième} siècle jusqu'aux débats des années cinquante sur les maïs hybrides³³. Le maïs apparaît en effet fréquemment accusé d'être la cause de maux divers et mystérieux, diarrhées, dermatites, folie, épuisement des terres..., et ces inquiétudes s'expriment en termes similaires aux 18^{ième} et 19^{ième} siècle pour les maïs classiques et au 20^{ième} siècle pour les maïs hybrides, accusés de ne pas nourrir les volailles et de donner la peste aux cochons. En outre, ces nouveaux maïs sont « américains », pays d'où sont venus le phylloxera de la vigne et le mildiou de la pomme de terre, alors que le « vrai maïs » est local, son origine américaine étant oubliée et même parfois contestée du fait de son appellation populaire fréquente de « blé de Turquie ». On voit donc combien le débat sur les maïs OGM réactive aujourd'hui ces thèmes récurrents, le maïs hybride étant entre temps devenu « français » du fait des travaux de l'INRA. Espérer résoudre ces conflits en améliorant la construction génétique utilisée (élimination des gènes de résistance aux antibiotiques, précision sur le nombre et le lieu des sites d'insertion dans le génome) serait faire preuve d'un « biologisme » naïf.

Cette dimension historique des phénomènes n'est pas le propre des réalités sociales : même les phénomènes purement biologiques ont une histoire qui peut conditionner leurs propriétés. La capacité d'un sol utilisé pour de grandes cultures à accueillir à nouveau un peuplement forestier dépendra de sa diversité microbienne, elle-même résultant de l'ancienneté de la déforestation et des pratiques culturales qui se sont succédées. Il faudra donc souvent réassocier aux racines de arbres des microorganismes spécifiques pour leur permettre de se développer. De même, nous avons vu dans notre conférence sur la biodiversité combien il était nécessaire d'analyser la structure d'un écosystème beaucoup plus comme le résultat d'une histoire que comme le produit d'une optimisation instantanée.

De manière plus générale, l'absence assez systématique, chez les agronomes, de références aux sciences de l'évolution les amène souvent à pratiquer une biologie « instantanée », cherchant à expliquer un processus biologique donné (la structure d'un génome, une régulation hormonale...) comme une adaptation à des contraintes actuelles, alors que ces processus résultent souvent de pressions évolutives passées qui se sont exercées dans des contextes très différents, voire d'évènements aléatoires qui ont pu fixer à un moment une

³³ Sur ce sujet, voir Maryse Carraretto, 2005. Histoire de maïs. D'une divinité amérindienne à ses avatars transgéniques. Editions du CTHS, Paris.

situation non nécessairement optimale. Ainsi, les hormones de la lactation des mammifères ont du d'abord servir à adapter les poissons à des milieux de salinité variée et c'est sans doute cette fonction ancestrale qu'il faut considérer pour comprendre leur structure. De même, l'existence chez la quasi-totalité des mammifères d'un déterminisme du sexe strictement génétique et basé sur la présence ou non d'un chromosome Y³⁴, alors que d'autres groupes comme les poissons et les amphibiens présentent des modes de déterminisme du sexe beaucoup plus diversifiés, ne peut sans doute pas être interprété comme le choix du système « optimum » mais plutôt comme un événement historique contingent remontant à l'origine de ce groupe. Même si le généticien T. Dobzanski, l'un des pères de la théorie synthétique de l'évolution, proclamait dès le milieu du 20^{ème} siècle « *Nothing in Biology makes sense except in the light of evolution* », il semble que cette assertion n'ait guère pénétré les sciences agronomiques.

La troisième limite de cette réduction apparaît lorsque l'on cherche à « reconstruire » ou à manipuler un objet complexe à partir des connaissances acquises sur ces composantes élémentaires jugées les plus pertinentes. L'exemple de la nutrition « synthétique » illustre ce propos : même connus les besoins élémentaires en acides aminés, acides gras, minéraux, il apparaît que le résultat de ces aliments synthétiques peuvent varier grandement selon la manière dont ces composés sont réassociés : des acides aminés libres n'auront pas les mêmes effets que si ils sont administrés sous forme d'oligopeptides, les minéraux seront plus ou moins assimilables selon les protéines auxquels ils seront liés, l'apport simultané ou successif des différents intrants conduira à des résultats différents. Plus récemment, le fait que l'on ne pouvait se contenter de considérer un OGM comme la simple addition d'une construction génétique parfaitement définie et d'un génome « familier » est apparu de plus en plus évident et amène à approfondir des questions complexes comme celle de la stabilité du génome face à une perturbation. L'adage selon lequel « le tout est plus que la somme des parties » se révèle souvent fondé et oblige à considérer comme une véritable opération de recherche la réinsertion d'entités élémentaires « optimisées » dans un système plus large.

Enfin, cette focalisation sur un aspect restreint d'une réalité complexe peut conduire à une perception biaisée et à une surestimation des améliorations réalisées. Pour reprendre la question précédemment évoquée de la valeur énergétique des aliments, il est indéniable que les recherches en nutrition animale ont permis de produire des aliments dont le « rendement énergétique » (rapport entre l'énergie qu'ils contiennent et celle qui sera effectivement utilisée par l'animal) était considérablement amélioré. Mais si l'on considère plus globalement le système alimentaire des pays développés et que l'on estime la quantité totale d'énergie dépensée pour apporter dans notre assiette notre ration calorique quotidienne, on constate que la situation s'est au contraire considérablement dégradée : les systèmes agricoles traditionnels, fondés sur l'agriculture manuelle et la consommation de proximité, avaient, par nécessité, un bilan énergétique positif (pour perdurer, ils devaient fournir au moins autant de calories alimentaires qu'ils n'en consommaient pour produire ces aliments) ; à l'inverse, on estime que les systèmes alimentaires modernes consomment cinq à dix fois plus de calories qu'ils n'en amènent dans notre assiette³⁵.

³⁴ Les individus ayant ce chromosome (XY) sont mâles, les femelles étant XX.

³⁵ Ces calculs intègrent non seulement la consommation d'énergie des entreprises agricoles (carburants des machines, chauffage des serres, électricité...), qui sont les seules recensées dans les statistiques agricoles, mais celles des entreprises d'amont (production d'engrais, de machines agricoles, d'aliments composés...) et d'aval (transport et transformation des produits, conditionnement, stockage...) ainsi que la dépense énergétique des ménages liée à l'alimentation (transport, congélation, cuisson...). Voir notamment M. Giampetro, S.G.F. Bukkens, D. Pimentel, 1994. « Models of energy analysis to assess the performance of food systems », *Agricultural Systems*, 45 (1), 19-41 et la présentation générale de F. Ramade, 1991. « Eléments d'écologie. Ecologie appliquée », p. 482-488, Ed. McGraw-Hill, Paris.

Pour conclure sur cette démarche de réduction et sur ses limites, il nous semble qu'elle est justifiée si elle est présentée comme une attitude pragmatique permettant parfois d'agir de manière efficace sur une entité complexe, à partir d'une composante qui apparaît plus facilement « accessible », compte tenu des connaissances existantes. Elle devient dangereuse si elle tourne à un réductionnisme « philosophique », qui considérerait cette composante comme représentative à elle seule de l'entité globale et négligerait l'importance des phénomènes émergents liés aux interactions avec les autres composantes.

III.

Ecosystèmes et agrosystèmes : chronique d'un regrettable divorce

En même temps que se développaient les sciences agronomiques³⁶, l'écologie, définie en 1866 par Haeckel comme la science qui étudie « *les conditions d'existence des êtres vivants et les interactions de toute nature qui existent entre ces êtres vivants et leur milieu* » précisait peu à peu ses principaux concepts : les notions de biocénose (Möbius, 1877), d'écotone et de climax (Clements, vers 1900), de niche écologique (Grinnel, 1917) de biotope et d'écosystème (Tansley, 1935) structuraient une vision intégrée et interactive des relations entre les êtres vivants et leur environnement. Ces quelques dates montrent que l'essor conceptuel de cette discipline est largement antérieur au développement de l'écologie politique et que des relations fécondes auraient pu s'établir entre ces deux disciplines dès le début du 20^{ème} siècle. En réalité, cet essor de l'écologie s'est fait de manière très peu interactive avec l'agronomie, les interactions éventuelles étant beaucoup plus sur le mode conflictuel que coopératif, avec par exemple la dénonciation des méfaits de l'agriculture productiviste par les écologistes. Il nous semble donc important de comprendre les raisons de ce clivage.

Les multiples raisons d'une indifférence mutuelle

Vu du côté de l'écologie, le manque d'intérêt pour les « écosystèmes modifiés » résulte à notre avis de plusieurs facteurs :

- *leur biodiversité est relativement faible* (et ce phénomène a été en s'accroissant) et leurs espèces « banales » – et, en outre, souvent introduites et domestiquées – alors que les écosystèmes naturels, en particulier tropicaux, apparaissent beaucoup plus attractifs, non seulement pour les systématiciens soucieux de poursuivre le « grand inventaire » des espèces

³⁶ Selon le ROBERT, le terme est apparu en français en 1798, celui de « zootechnie » en 1842. Ce que l'on considère souvent comme le premier traité d'agronomie, l'ouvrage d'Olivier de Serres paru en 1600 était intitulé « Le théâtre d'agriculture et de mesnage des champs ».

mais également pour des écologistes cherchant à comprendre les relations multiples, en particulier trophiques³⁷, entre l'ensemble de ces espèces ;

- ils sont considérés comme « loin de l'équilibre », les pratiques agricoles (labours, semis, fertilisation, désherbage...) déstabilisant de manière répétitive la dynamique des biocénoses³⁸. Or, l'idée que les écosystèmes naturels étaient, à l'inverse, des systèmes à l'équilibre ou tendant vers cet état (la notion de climax³⁹) a longtemps prévalu, ces états d'équilibre étant en outre considérés comme des optimums « fonctionnels », résultant de coadaptations complexes entre l'ensemble des espèces de la biocénose (voir notre conférence sur la biodiversité) ;

- enfin – et c'est peut-être l'élément principal – ils sont « anthropisés⁴⁰ », et cette omniprésence de l'homme, considéré comme extérieur à la nature (nous reviendrons ultérieurement sur ce point de vue), suffit à disqualifier ces systèmes aux yeux d'une science ambitionnant d'étudier les lois régissant le fonctionnement d'une nature « vierge ».

A ce désintérêt des écologues a répondu une égale indifférence des agronomes à leur égard. Outre le fait, que nous venons d'évoquer, que l'écologie s'intéressait à des systèmes exotiques et peu anthropisés qui pouvaient sembler non pertinents pour la conduite des champs et des pâturages, deux autres facteurs nous semblent avoir influé sur cette attitude.

Le premier est l'ambition des sciences agronomiques d'apparaître comme des sciences « dures » et de se rapprocher du sommet (ou de la base) de la fameuse pyramide d'Auguste Comte, qui faisait dépendre le progrès des sciences du complexe et du particulier, comme la biologie et, encore davantage, la sociologie, des acquis et des méthodes des sciences du simple et du général, chimie, physique et, *in fine*, mathématiques. Cet attrait pour les sciences dures, fondées sur des démarches expérimentales rigoureuses et permettant l'acquisition de savoirs de portée générale, explique sans doute également le phénomène précédemment décrit de « désocialisation » des objets de la recherche agronomique et le manque d'intérêt pour les fondements évolutifs, et donc contingents, des processus biologiques.

Un second facteur, plus culturel, nous semble à avancer, quitte à apparaître ici quelque peu provocateur. Il s'agit du clivage institutionnel, pédagogique et professionnel entre le « monde » des ingénieurs et le « monde » universitaire.

Le monde des ingénieurs est en effet logiquement dominé par un souci d'efficacité et d'opérationnalité. Un savoir fondé sur des lois empiriques, mais robustes, reliant une variable d'action à un résultat et permettant d'agir de manière déterministe sur la réalité apparaît légitime, même si ces lois sont fondées sur des modèles de « boîte noire » assez peu explicatifs : contrairement à une confusion fréquente, l'analyse de variance, pierre angulaire de la recherche agronomique, n'est pas une analyse causale et le fait d'analyser comment la variation d'un facteur (une dose d'engrais, la composition d'un aliment) influe sur la variation d'un autre facteur (un rendement, une qualité) ne permet nullement d'inférer les liens de causalité existant entre ces facteurs⁴¹. Ce mode de pensée privilégie des relations linéaires, seules susceptibles de se combiner de manière prédictive pour évaluer l'effet de différents

³⁷ C'est la notion de chaîne (ou de réseau) alimentaire : qui mange qui et comment, de ce fait, circule l'énergie solaire captée par les plantes dans un écosystème.

³⁸ Ce terme désigne l'ensemble du peuplement vivant (animaux, végétaux, microorganismes) dans un écosystème.

³⁹ Etat d'équilibre stable de la biocénose censé caractériser un écosystème non perturbé.

⁴⁰ C'est-à-dire que l'homme y est présent et influe sur la structure et l'évolution de l'écosystème.

⁴¹ Pour prendre un exemple caricatural, s'il n'existait qu'un modèle d'automobiles, un martien pratiquant l'analyse de variance sur la forme de cette automobile (variations dues aux bosses, éraflures et autres incidents) conclurait, si il en faisait une interprétation causale, que la carrosserie des automobiles est façonnée par une série de chocs fortuits.

facteurs étudiés séparément. Or, c'est dans ce monde que se sont développées, particulièrement en France, les sciences agronomiques.

A l'opposé, le monde de l'Université est celui de l'analyse et de la compréhension des processus, de la description fine des phénomènes, les préoccupations d'opérationnalité étant très secondaires par rapport à ce souci d'intelligibilité : la description qualitative ou quantitative d'un réseau trophique ou d'un cycle biogéochimique⁴² sera appréciée au regard de la finesse et de l'originalité de l'analyse, indépendamment des possibilités éventuelles de manipulation de ces phénomènes qui peuvent en découler. Un tel contexte est, à l'évidence, beaucoup plus favorable au développement de visions systémiques, reliant par des liens multiples et complexes (faisant souvent appel à des relations non-linéaires) les différentes composantes d'un ensemble et s'éloignant de ce fait de représentations causales et déterministes simples. C'est ce monde qui, parfois difficilement – car le poids des sciences dures s'y faisait également sentir – a cultivé les disciplines écologiques et fait évoluer leurs concepts.

Dans un tel contexte, rares sont ceux qui ont essayé d'explorer des zones frontières entre ces deux mondes. Ainsi, la création en 1979 au Muséum national d'Histoire naturelle d'une chaire consacrée à « L'évolution des écosystèmes naturels et modifiés » (confiée à JC Lefeuvre), s'intéressant par exemple à la dynamique d'espaces comme les prés salés de la baie du Mont Saint-Michel ou les pâturages du marais poitevin est apparue, aux yeux de beaucoup d'écologues et d'agronomes, comme quelque peu incongrue. Ce n'est qu'assez récemment que l'évolution des concepts de l'écologie l'a conduite à s'intéresser à la nature « ordinaire », aux espèces banales et aux écosystèmes anthropisés⁴³.

Les enjeux d'une « réconciliation »

Quelles que soient les raisons de ce clivage, il a eu à notre avis des conséquences néfastes sur la recherche agronomique, en la privant d'un certain nombre d'apports conceptuels ou d'analyse critique de ses options⁴⁴. Nous en donnerons trois exemples.

Le premier concerne l'attitude vis-à-vis de la diversité biologique. Alors que la nécessité de prendre en compte cette diversité, à tous ses niveaux d'organisation – au sein des individus, entre individus, populations, espèces, biocénoses – pour comprendre la dynamique du vivant s'imposait peu à peu aux sciences écologiques⁴⁵ et que le rôle déterminant de cette diversité dans la productivité, la résilience, les capacités évolutives des écosystèmes était mis en évidence, le statut de cette diversité apparaissait beaucoup plus ambigu dans les sciences agronomiques.

⁴² Par exemple le cycle du carbone ou de l'azote à travers leurs formes organiques (associées au vivant) ou minérales et leur circulation entre le sol, les eaux, l'atmosphère.

⁴³ Voir pour une analyse plus détaillée de cette évolution : B. Chevassus-au-Louis, R. Barbault et P. Blandin, 2004. « Que décider ? Comment ? Vers une stratégie nationale de recherche sur la biodiversité pour un développement durable ». In : « Biodiversité et changements globaux. Enjeux de société et défis pour la recherche ». Sous la direction de Barbault R. et Chevassus-au-Louis B., pp. 192-223. Ed. ADPF, Ministère des Affaires étrangères, Isbn 2-914935-27-7.

⁴⁴ Pour un développement sur l'intérêt de l'approche écologique en agriculture, voir J. Weiner, 2003. « Ecology – the science of agriculture in the 21st century ». Journal of Agricultural Science, 141, 371-377.

⁴⁵ Nous reconnaissons bien sûr que, au sein même des sciences écologiques, la pertinence des études sur ces différents niveaux d'organisation a fait l'objet de débats. Pour prendre un exemple, la simple caractérisation du phytoplancton par sa teneur moyenne en chlorophylle n'est-elle pas suffisante pour modéliser le cycle océanique du carbone ou faut-il caractériser la diversité spécifique de ce phytoplancton pour comprendre certains aspects de ce cycle ?

D'un côté, le fait que l'agriculture de l'Europe occidentale se soit en grande partie construite en explorant et exploitant la diversité des espèces des autres continents (Asie d'abord, puis Afrique et Amériques⁴⁶) et que la diversité génétique au sein de ces espèces constitue une « matière première » indispensable pour créer de nouvelles variétés sont des évidences intégrées par les sciences agronomiques et qui se sont traduites par diverses initiatives d'identification et de conservation de ces ressources génétiques. Mais, d'un autre côté, l'idée que ces ressources devaient être conservées en dehors des agrosystèmes et que la spécialisation des exploitations sur une seule espèce, représentée par un petit nombre de variétés, était un gage d'efficacité, s'imposait, dans le cadre de la priorité donnée aux économies d'échelle par rapport aux économies de gamme.

En outre, ces variétés devaient être aussi homogènes que possible, d'où l'engouement pour les hybrides F1⁴⁷ et, plus récemment, pour les perspectives du clonage animal : à la standardisation et à l'homogénéisation de l'environnement précédemment évoquées répondait l'uniformisation du matériel biologique. Autrement dit, une fois identifié le meilleur génotype et le meilleur environnement pour ce génotype, l'ambition de l'agronome était de multiplier à l'infini ce « couple idéal ».

Par rapport à cette vision dominante, l'idée que des mélanges de variétés, voire d'espèces, pouvait améliorer parfois la productivité ou limiter la progression de maladies ou de ravageurs, même si elle était fondée sur diverses observations, modélisations ou expérimentations⁴⁸, était reçue comme assez anecdotique et apparaissait en outre peu compatible avec les exigences d'homogénéité des produits imposées par la mécanisation ou l'aval de la production.

Un autre élément qui me semble expliquer cette attitude ambiguë vis-à-vis de la diversité biologique est la volonté, déjà évoquée, des sciences agronomiques de se rapprocher des sciences « exactes » : dans les sciences de la matière inerte, la notion de diversité est en fait souvent assimilée à celle d'imprécision des observations réelles du phénomène que l'on cherche à étudier. La répétition des observations a pour but de mesurer « l'erreur-standard », afin de fournir une estimation de la précision de la mesure réalisée mais il est implicite que, par exemple, tous les protons mesurés ont « en réalité » la même masse. Le fait, fréquent, d'assimiler pour les processus biologiques les deux entités statistiquement similaires que sont l'erreur-standard et l'écart-type, et donc de considérer la variabilité biologique comme la manifestation imparfaite d'un « type idéal » est une idée platonicienne, que l'on retrouve en particulier chez Linné, qui affichait un mépris évident, et encore partagé par certains systématiciens, pour la diversité intra-spécifique⁴⁹.

Deuxième exemple, celui des « services écologiques ». Alors que les écologues s'intéressaient à la diversité des fonctions des écosystèmes – contribution aux grands cycles biogéochimiques, régulation du climat, lutte contre l'érosion, conservation de la biodiversité... – les agronomes se focalisaient sur l'aptitude des agrosystèmes à produire des biens commercialisables par l'agriculteur. D'un côté, l'accent était mis sur des biens publics, car bénéficiant plus ou moins directement à un grand nombre d'individus, et non-marchands,

⁴⁶ Pour des données plus détaillées sur l'histoire de nos légumes, voir par exemple M. Pitrat et C. Foury, 2003. « Histoires de légumes ». Ed. INRA, Paris.

⁴⁷ Croisements entre des lignées consanguines donnant souvent de meilleures performances moyennes (c'est la « vigueur hybride » ou « effet d'hétérosis ») et une meilleure homogénéité des produits pour divers caractères (taille des fruits, période de récolte...).

⁴⁸ Voir par exemple Zhu et al., 2000. « Genetic diversity and disease control in Rice ». *Nature*, 406 (6797), 718-722.

⁴⁹ Voir notre conférence sur les enjeux de la biodiversité.

car ne donnant pas lieu à des transactions commerciales. De l'autre, la production de biens privés et marchands représentait l'étalon d'efficacité.

En outre, cette différence de vision sur la « valeur » des écosystèmes s'accompagnait d'une perception très contrastée des échelles de temps à prendre en compte. En effet, la dynamique des grands cycles biogéochimiques, la formation des services écologiques, sont des processus s'inscrivant dans des pas de temps parfois très longs : l'énergie fossile ou les ressources de calcaire ou de minerais que nous exploitons aujourd'hui se sont formées il y a des dizaines, voire des centaines de millions d'années. A l'inverse, même en intégrant des préoccupations de rotation des cultures, l'agronomie va viser une optimisation de la production sur une période de quelques années et la pratique des forestiers, raisonnant leurs activités à l'échelle du siècle, est perçue comme la limite de l'anticipation possible.

C'est pourquoi, la publication en 1997, dans une revue scientifique prestigieuse⁵⁰, d'un groupe d'économistes de l'environnement, puis la parution en 2005 du rapport du « Millenium Ecosystem Assessment »⁵¹ montrant, avec des méthodes d'estimation sans doute discutables, que la valeur économique des biens non-marchands produits par les écosystèmes était très largement supérieure à celle de leurs biens marchands et que, en outre, la « mise en valeur » d'écosystèmes naturels (transformation d'une forêt primaire par la sylviculture, aquaculture de crevettes en zone de mangrove...) se traduisait par une diminution de la valeur totale des biens qu'ils produisaient, a eu un effet déstabilisant considérable sur la vision « productiviste » des sciences agronomiques.

Dernier exemple de ce clivage entre écologues et agronomes, celui des « variables de forçage » des agrosystèmes. Le fait que le développement des sciences agronomiques se soit fait dans un contexte de réduction accélérée du coût de l'énergie⁵² et d'une augmentation concomitante de la rémunération du travail humain⁵³ a fait que le recours massif à une énergie fossile bon marché, sous ses différentes formes (engrais, mécanisation, irrigation, séchage...) a été le principal facteur d'augmentation de la productivité des agrosystèmes. Cette vision « énergétique » a conduit à négliger l'approche « informationnelle » proposée par l'écologie, prenant en compte les multiples signaux (visuels, tactiles, chimiques) qui circulent entre individus d'une même espèce ou d'espèces différentes et qui permettent à un écosystème de s'adapter à des perturbations, attaque par un ravageur, événements climatiques extrêmes, introduction d'une nouvelle espèce. Ainsi, le fait qu'une plante sur laquelle vient pondre un insecte secrète des substances susceptibles à la fois de repousser de nouveaux insectes susceptibles de pondre et d'attirer les prédateurs des larves de cet insecte offre pour la lutte contre les ravageurs des pistes originales qui commencent à être exploitées. De même, pratiquer la « désinformation » en diffusant largement des phéromones sexuelles, substances

⁵⁰ Robert Costanza, Ralph d'Arge, Rudolf de Groot, Stephen Farber, Monica Grasso, Bruce Hannon, Karin Limburg, Shahid Naeem, Robert V. O'Neill, Jose Paruelo, Robert G. Raskin, Paul Sutton, Marjan van den Belt, 1997. "The value of the world's ecosystem services and natural capital". *Nature*, 387, 253 – 260.

⁵¹ Voir www.millenniumassessment.org

⁵² Selon l'ASPO (Association pour l'étude des pics de production de pétrole et de gaz naturel, www.aspofrance.org) le prix actualisé (en dollars 2003) du baril de pétrole brut est passé de 90 dollars en 1860 à moins de 20 dollars dès le début du 20^{ème} siècle, puis aux environs de 10 dollars à l'aube du choc pétrolier des années 70-80. En comparaison, les huiles de baleine et de cachalot ont varié entre 500 et 2000 dollars le baril (toujours en prix actualisé) au cours du 19^{ème} siècle. Lors de l'introduction du pétrole brut, son prix était d'emblée 15 fois inférieur à celui de ces premiers « biocarburants », utilisés essentiellement pour l'éclairage.

⁵³ On peut par exemple calculer que le coût de l'énergie d'origine humaine, qui a été à la base de tous les systèmes agricoles et l'est encore dans la majorité des pays, serait aujourd'hui, dans les pays occidentaux, plus de 100 fois supérieur à celui de l'énergie fossile : un Kilowattheure « fossile » coûte environ 0,1 euros alors que sa production rémunérée par l'homme reviendrait à 30 à 40 euros.

attractives émises par les mâles, permet d'écarter efficacement les femelles d'un insecte ravageur⁵⁴.

A ce clivage conceptuel a correspondu également un fort cloisonnement de l'espace entre ceux à vocation « productive » et ceux à vocation « protectionniste » : la montée des préoccupations écologiques s'est traduite par la délimitation d'espaces « protégés » – parcs nationaux, réserves naturelles – cette « concession » permettant par contre de poursuivre dans les autres espaces les activités agricoles selon le mode usuel : pour un exploitant agricole, le fait de se retrouver dans une zone « Natura 2000⁵⁵ » a rarement été perçu comme une heureuse nouvelle. Initialement considérée par les écologistes comme adéquate, cette stratégie de partage de l'espace a peu à peu révélé ses limites, qu'il s'agisse de la capacité d'espaces restreints à conserver durablement des espèces ou de la mise en évidence des impacts inévitables des activités humaines sur ces espaces « protégés »⁵⁶. Le constat que les enjeux de protection de la nature se jouent désormais dans la nature « ordinaire » est aujourd'hui partagé par un nombre croissant de personnes soucieuses du devenir de notre planète⁵⁷.

A l'issue de cette analyse, on mesure donc tout l'enjeu, mais aussi toutes les difficultés, d'élaboration d'une « agro-écologie » intégrant les acquis et les approches de ces deux disciplines et prenant en compte la diversité des services et des usages des espaces « anthropisés », en particulier dans le contexte d'une démographie qui, au cours du 21^{ème} siècle, va contribuer inéluctablement à augmenter la pression de l'homme sur l'ensemble des écosystèmes.

IV.

De la nature à la culture : que les lumières soient !

Dans ce dernier volet, nous voudrions évoquer deux facettes de la conception du monde et de son devenir qui se sont affirmées en Occident à partir du 18^{ème} siècle et qui marquent une rupture tant avec les visions antérieures que, sans doute, avec celles d'autres cultures. Même si elles ne sont pas propres à la recherche agronomique, ces conceptions nous

⁵⁴ Voir par exemple Y. Lou, T. Baldwin, 2003. "Manduca sexta recognition and resistance among allopolyploid *Nicotiana* host plants", PNAS, 100, 14581-14586 ou L. Delbac et al., 1996. "La confusion sexuelle contre l'Eudemis", Phytoma, 48 (484) 43-47.

⁵⁵ Dans le cadre de directives européennes, les Etats-membres sont invités à identifier et à proposer à l'Union européenne des zones « d'intérêt écologique communautaire », justifiant des modes de gestion particuliers visant à préserver la richesse de leur faune et de leur flore. Ces modes de gestion sont souvent considérés comme des contraintes par les agriculteurs.

⁵⁶ On estime ainsi que le développement de certaines espèces invasives dans des zones protégées est lié à l'augmentation des apports de nitrates par les pluies. Voir par exemple R. Bobbink et al, 1998. « The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation », J. of Ecology, 86, 717-738.

⁵⁷ Voir par exemple l'ouvrage collectif : « Pour la Biodiversité. Manifeste pour une politique rénovée du patrimoine naturel » Ed. A.Venir, Paris.

semblent en effet avoir fortement influencé tant ses démarches que son attitude vis-à-vis de la société.

Une conception originale de la nature

La première vision qui nous semble à analyser est celle de la nature. Elle est fondée sur deux principes :

- d'une part, une stricte discontinuité « spirituelle » entre l'homme et le reste de la nature, les objets naturels, inertes ou vivants étant régis par des lois déterministes, immuables et spécifiques – on se rappellera la conception de Laplace sur le caractère totalement prédictible de l'Univers – alors que le monde des hommes est celui de l'indétermination et du libre-arbitre, les Lois étant basée sur des conventions révisables à tout moment ;

- d'autre part, une continuité « matérielle » de l'ensemble des entités du cosmos, constituées des mêmes molécules et construits à partir d'atomes qui circulent et contribuent indifféremment à la formation de roches, de parois végétales ou de neurones humains. Comme l'expriment avec un mélange d'émerveillement et de désenchantement Bouvard et Pécuchet : « *Quelle merveille que de retrouver chez les êtres vivants les mêmes substances qui composent les minéraux. Néanmoins, ils éprouvaient une sorte d'humiliation à l'idée que leur individu contenait du phosphore comme les allumettes, de l'albumine comme les blancs d'oeufs, du gaz hydrogène comme les réverbères*⁵⁸. ».

On notera que cette séparation entre le monde de la « nature » et celui de la « culture » a été une vision partagée par écologues et agronomes et explique paradoxalement les clivages que nous venons d'évoquer, les écologues cherchant à comprendre les « lois » d'une nature aussi peu perturbée que possible et les agronomes revendiquant, à l'inverse, le développement « d'artefacts » manifestant l'emprise de l'homme.

Or, comme le montre remarquablement Philippe Descola⁵⁹, cette stricte distinction entre un monde des réalités humaines, obéissant à des dynamiques propres et devant être étudié par des disciplines spécifiques, et une nature gouvernée par d'autres lois et constituant un ensemble extérieur à l'homme est loin d'être partagée par les différentes cultures de notre planète : les indiens d'Amazonie, les Inuits, mais aussi les cultures de l'Inde ou du Japon ne séparent pas aussi clairement les êtres humains et leur environnement et considèrent au contraire un « cosmos » constitué d'une diversité d'entités interdépendantes, séparées par des différences de « degrés » et non de « nature » et possédant une « âme » commune. Cet « animisme » conduit à l'évidence à entretenir avec les plantes et les animaux des relations particulières, dans lesquelles les notions de respect mutuel, d'échanges ou de services rendus, que nous réservons à notre seule espèce, s'étendent à l'ensemble des êtres animés.

De même, P. Descola souligne que la pensée chinoise, les civilisations andines, mais aussi la pensée occidentale jusqu'à la Renaissance se représentent le monde comme un ensemble d'entités fractionnées mais reliées par une multitude de corrélations et d'affinités qu'il convient d'identifier et d'exploiter. Nous avons évoqué la théorie des signatures comme exemple de cette vision « analogique » du cosmos. L'intérêt, dans ces différentes cultures, pour l'astrologie, basée sur la croyance d'un lien entre mouvements des astres et destins humains et, à l'inverse, l'idée que des désordres sociaux pouvaient induire des troubles

⁵⁸ Gustave Flaubert, Bouvard et Pécuchet, Chapitre III.

⁵⁹ Voir par exemple P. Descola, 2005. « Le monde, par delà la nature et la culture », La Recherche, 333, 46-47, ou « Par delà nature et culture » Ed. Gallimard, Paris, 2005.

climatiques illustre bien cette vision d'une mystérieuse mais profonde connivence entre les lois de la nature et le monde social.

On comprend que cette diversité des conceptions des relations de l'homme et de la nature ait grandement influé sur les pratiques de l'agriculture, par définition à l'interface entre ces deux mondes. On mesure également en quoi le fait de rompre avec ces visions animistes ou analogiques a permis le développement non seulement des sciences agronomiques mais d'une agriculture fondée sur une maîtrise du vivant et une conception totalement utilitariste de son usage et de son devenir.

Pourquoi s'interroger aujourd'hui sur ce mode de pensée ? Remarquons tout d'abord que cette diversité de conception du cosmos ne constitue pas une curiosité d'anthropologues soucieux de caractériser des sociétés « traditionnelles ». Elle perdure aujourd'hui au sein même de notre société occidentale : la manière dont un scientifique parle le soir à son chat ou à son chien (voire à son poisson rouge) ne traduit-il pas la résurgence irréprouvable d'une pensée animiste ? La montée des préoccupations pour le bien-être animal, la remise en cause de certains aspects de la sélection ou de l'expérimentation animale n'expriment-elles pas la limite du concept cartésien « d'animaux-machines » et le besoin de penser davantage en termes de « communauté élargie » des êtres vivants ?

A l'inverse, le fait que la science ait montré l'identité de composition matérielle des êtres vivants, la similitude de leur code génétique, autorise-t'il à mépriser des visions voulant respecter certaines « discontinuités » – par exemple la distinction entre produits « naturels » et produits de synthèse chère aux agriculteurs biologiques – ou à qualifier d'irrationnels ceux qui se scandalisent que l'on ait « fait manger de la viande aux vaches » ou « mis des gènes d'animaux dans des plantes » ?

D'autre part, la science elle-même a montré la difficulté de concevoir de manière indépendante un monde de l'homme et de la culture et une nature qui constituerait un « autre monde ». Sur notre petite planète, la quasi-totalité des activités humaines a des impacts sur la dynamique de la nature et, inversement, le devenir de la nature et les modifications qu'elle subit agissent à leur tour sur le devenir de l'humanité : le changement climatique, les invasions d'espèces, les grandes zoonoses⁶⁰ (grippe aviaire, ESB), les inondations sont-ils des phénomènes « naturels » ou « culturels » ? Paradoxalement, la pensée systémique moderne explicite

L'émergence de la notion de progrès

La seconde facette de cette conception du monde héritée des Lumières a été celle d'un progrès à la fois global et consubstantiel à l'avenir⁶¹. L'idée d'un progrès global, dans lequel la progression des connaissances génère en même temps des progrès sociaux, matériels et moraux est exprimée en particulier à la fin du 18^{ième} siècle par Condorcet lorsqu'il décrit – alors qu'il est poursuivi par le tribunal révolutionnaire comme Girondin – « *L'humanité marchant d'un pas sûr sur la route de la Vérité, de la Vertu et du Bonheur*⁶² ». On retrouve cette croyance forte du lien entre connaissance et bonheur tout au long du 19^{ième} siècle, par

⁶⁰ Maladies animales susceptibles d'affecter également l'homme.

⁶¹ Nous nous inspirons ici des réflexions d'Axel Kahn dans sa conférence ESA 2005 « L'apparition et la remise en cause de la notion de progrès dans notre société moderne », d'une conférence non publiée de Maurice Godelier à l'Assemblée Nationale en avril 2005 sur « La notion de progrès » et d'une conférence de Jean-Michel Ducomte « La revanche de Prométhée. Quelques réflexions sur l'idée de progrès » (2002, Les cahiers d'Agrobiosciences n° 17).

⁶² « Esquisse d'un Tableau Historique des Progrès de l'Esprit Humain », écrit en 1793 et publié après sa mort en 1795.

exemple chez Marcellin Berthelot (ibid.), qui égratigne au passage l'agriculture et ses méfaits : « *Dans ce temps-là, il n'y aura plus dans le monde ni agriculture, ni pâtres, ni laboureurs : le problème de l'existence par la culture du sol aura été supprimé par la chimie ! [...] Il n'y aura plus de mines de charbon, ni industries souterraines, ni par conséquent de grèves de mineurs. Il n'y aura plus ni douanes, ni protectionnisme, ni guerres, ni frontières arrosées de sang humain. [...] L'homme gagnera en douceur et en moralité, parce qu'il cessera de vivre par le carnage et la destruction des créatures vivantes. (...) Ne croyez pas que l'art, la beauté, le charme de la vie humaine soient destinés à disparaître. Si la surface terrestre cesse d'être utilisée, comme aujourd'hui, et disons le tout bas, défigurée, par les travaux géométriques de l'agriculteur, elle se recouvrira alors de verdure, de bois, de fleurs ; la terre deviendra un vaste jardin, arrosé, par l'effusion des eaux souterraines, et où la race humaine vivra dans l'abondance et dans la joie du légendaire âge d'or.* »

Comme l'indique Axel Kahn, cette idée d'un lien entre connaissance et progrès n'était nullement présente chez les philosophes grecs ou médiévaux et même chez les premiers expérimentalistes de la Renaissance. Maurice Godelier souligne même que cette notion de progrès n'existait pas dans la langue chinoise avant la fin du 19^{ième} siècle !

Une conséquence de cette vision du rôle des connaissances est d'assimiler avenir et progrès, conception qui s'oppose à celle prévalente jusqu'alors d'un « âge d'or » ou d'un « paradis perdu » situés aux origines de l'humanité. Cette vision d'un passé idyllique voyait de ce fait le retour au passé et son imitation comme une source majeure de progrès, conception partagée tant par les romains que par les artistes de la Renaissance ou les « Anciens » de la fameuse querelle, décrite notamment par La Bruyère, des Anciens et des Modernes. Cette idée s'affermir peu à peu au cours du 19^{ième} siècle, au point de considérer le processus comme inéluctable et « *inscrit dans les gènes de la vie sociale* » (J.M. Ducomte). De ce fait, les notions d'action et de réaction, considérées au sens physique du terme comme d'égale valeur, alimentent des néologismes fortement connotés : apparu en 1796, le terme « réactionnaire » désigne des groupes s'opposant aux avancées de la Révolution Française et l'on sait l'usage que le Marxisme, fortement imprégné de cette vision du progrès, a fait de cette dialectique entre les forces progressistes et réactionnaires.

Dans une telle conception, aller de l'avant, innover, c'est « aller dans le sens de l'histoire » et donc, nécessairement, améliorer le sort de l'humanité. De même, diffuser le progrès à l'ensemble de cette humanité devient un impératif moral. Comme l'indique J.M. Ducomte, il n'est pas étonnant que, inspiré par cette vision, Jules Ferry ait été à la fois un organisateur de l'enseignement public, un promoteur des libertés syndicales et ... un fervent colonisateur.

Dans sa conférence, Axel Kahn a montré le sort que le 20^{ième} siècle avait réservé à ces deux croyances d'un progrès global et inéluctable et je ne redévelopperai pas cet aspect. A leur place est apparue progressivement une vision considérant tant la connaissance que l'avenir comme ambivalents, porteurs potentiels aussi bien de réussites que de menaces, voir une conception totalement négative de ces deux entités, liées non pas pour le meilleur mais pour le pire. Les ouvrages d'A. Huxley « *Le meilleur des mondes* » (écrit en 1932) ou de G. Orwell « *1984* » (écrit en 1948) ou l'affirmation d'E. Cioran : « *l'idée de progrès déshonore l'intellect* »⁶³ exprime cette vision sombre de l'avenir et de l'utilisation des connaissances scientifiques, confortée dans la période récente par l'observation déjà évoquée des diverses crises sanitaires ou environnementales.

⁶³ En 1973, cité par M. Godelier.

Dans un tel contexte, par un étrange retournement sémantique, le fait d'invoquer le progrès et de vouloir absolument en diffuser les acquis est perçu par beaucoup, aujourd'hui, comme une attitude « réactionnaire ». L'avenir est certes à construire mais il est indéterminé et le fait qu'il soit meilleur ou pire relève de la liberté et de la responsabilité des hommes d'aujourd'hui. Par rapport à cette définition collective d'un futur souhaité, les connaissances scientifiques doivent se donner comme ambition d'élargir le champ des futurs « possibles » et non d'imposer leur propre vision de cet avenir souhaitable.

Conclusion : **les deux piliers d'une « agronomie intégrale »**

Cette présentation des principaux traits du paradigme de la recherche agronomique du 20^{ème} siècle pourra apparaître comme excessive, voire caricaturale. Nous reconnaissons bien volontiers qu'elle est le produit de notre expérience empirique et non d'une démarche analytique détaillée et argumentée. Certains souligneront en outre que les évolutions que nous présentons comme nécessaires sont déjà à l'œuvre depuis longtemps.

Quoiqu'il en soit, le lecteur aura vu se profiler peu à peu au cours de cette analyse les contours de ce nouveau paradigme, plus systémique et unificateur, que nous souhaitons voir émerger.

Il se cristallise en fait autour de deux piliers, dans la mesure où, comme le lecteur l'aura sans doute remarqué, les différentes facettes de notre analyse critique sont en fait reliées par de multiples « résonances » et cohérences logiques : le premier pilier est celui d'une nouvelle attitude vis-à-vis de la société, à travers à la fois l'élaboration de nouveaux systèmes de connaissance et d'innovation et une vision différente de l'usage de ces connaissances et de ces innovations ; le second est celui d'une intégration, d'une réconciliation entre sciences agronomiques, sociales et écologiques, pour faire de ce tryptique le fondement d'une nouvelle agronomie⁶⁴.

Socialiser l'agronomie, dans ses démarches et dans ses postures

Nous avons montré dans la première partie la nécessité de construire une nouvelle démarche de production de connaissances et d'innovations, qui s'appuierait à la fois sur la démarche scientifique des experts et sur les expériences empiriques des profanes, et, surtout, sur des interactions fortes entre ces deux modes de connaissances, considérés comme légitimes au sein d'un « système de connaissance » global.

⁶⁴ On trouvera de nombreux éléments enrichissant cette analyse dans l'ouvrage de Bernard Hubert (2004) « Pour une écologie de l'action », Ed. ARGUMENTS, Paris, et dans le rapport collectif (sous la direction de Jean Boiffin, Bernard Hubert et Nicolas Durand) de l'INRA (2004) « Agriculture et développement durable. Enjeux et questions de recherche », Ed. INRA, Paris.

En effet, notre propos n'est pas de présenter les savoirs profanes existants comme des connaissances utiles pour l'avenir – même si certains le seront sans doute – et de promouvoir un retour au passé et à ses pratiques. Il n'est pas non plus de promouvoir un retour à la démarche empirique, la recherche « experte » ayant fait long feu. **Nous sommes en effet persuadés que les savoirs et savoir-faire dont nous aurons besoin pour demain – en particulier pour nourrir à partir de 2050 une planète qui sera peuplée pendant plusieurs décennies de près de 9 milliards d'êtres humains – restent en grande partie à élaborer et devront l'être en combinant différents modes de connaissances. Ce qui nous semble l'enjeu majeur de cette association et de ces interactions entre experts et profanes est donc de permettre à une recherche agronomique « élargie » de produire pour le monde de demain les connaissances et innovations appropriées, dans les deux sens de ce terme.**

Cette perception du caractère très limité de nos savoirs par rapport aux enjeux⁶⁵, confrontés à l'urgence de ces enjeux, rend également caduque un autre schéma classique, celui de l'approche séquentielle classique « décrire, comprendre, agir ». Cette approche, qui subordonne l'action à l'acquisition de connaissances « certaines », se heurte également à la prise de conscience, évoquée dans la première partie, du caractère parfois incomplet et contingent de savoirs et de savoir-faire que l'on croyait bien établis et de portée universelle, en particulier vis-à-vis de leurs effets collatéraux sur la santé ou l'environnement. Il faut donc, pour reprendre l'expression de M. Callon *et al.*, « agir dans un monde incertain », et ceci nous conduit à évoquer les fondements éthiques de cette action, qui nous semble rejoindre l'éthique de la précaution.

En effet, contrairement à une conception souvent développée, l'éthique de la précaution est une éthique de l'action, en ce qu'elle incite à agir en l'absence de certitudes scientifiques. Mais elle rompt avec un mode de décision binaire du type « agir ou connaître » : agir si l'on considère que les connaissances sont avérées et fondent l'action de manière précise et indiscutable ; ne pas agir et poursuivre éventuellement l'acquisition de connaissances dans le cas contraire. Comme l'exprime le fameux article 5 de la Charte de l'Environnement, une décision de précaution doit combiner « *la mise en œuvre de procédures d'évaluation des risques* » (connaître) et « *l'adoption de mesures provisoires et proportionnées afin de parer à la réalisation du dommage* » (agir). En outre, la notion de précaution incite à faire de l'action un outil de connaissance, notamment en préconisant la mise en place d'outils de « vigilance » susceptibles de mesurer les conséquences réelles des actions mises en œuvre. IL y a donc là aussi une rupture avec la conception positiviste de l'évaluation *a priori* des risques, censée capable à elle seule de faire l'inventaire de l'ensemble des conséquences possibles d'une innovation. Il va de soit que cette utilisation de l'action comme source de connaissance induit une responsabilité considérable de ceux qui animent le « système de connaissance » et invite à une démarche prudente, qui devra s'inspirer des réflexions sur la responsabilité à l'origine du principe de précaution. On évoquera ici bien sûr « Le Principe Responsabilité » de Hans Jonas (1979)⁶⁶ et « Pour un catastrophisme éclairé » de Jean-Pierre Dupuy (2002)⁶⁷.

⁶⁵ Voir également de nombreux exemples de cette méconnaissance dans notre conférence sur la biodiversité.

⁶⁶ Jonas H., 1990. Le principe responsabilité. Traduction française, Ed. du Cerf, Paris. Sur l'œuvre de Jonas, voir également l'article de D. Bourg (1993) dans *La Recherche*, 256, 886-890.

⁶⁷ Dupuy J.P., 2002. Pour un catastrophisme éclairé. Quand l'impossible devient certain. Ed. Le Seuil, Paris.

Même si la réflexion sur la précaution s'est développée essentiellement dans le cadre des risques environnementaux, puis sanitaires, il nous semble donc que ses concepts s'appliquent totalement aux problèmes de l'alimentation mondiale et donc à l'éthique de la recherche agronomique. On notera d'ailleurs que le comité d'éthique de l'INRA a pris comme titre « Comité d'éthique et de précaution ».

Le défi de la recherche agronomique est donc de passer d'une vision linéaire et séquentielle à une vision d'un système dans lequel les trois aspects de description, de compréhension et de gestion se développent simultanément et de manière interactive, afin que chaque activité bénéficie aussi vite que possible des résultats des autres. Une telle vision systémique aboutit à la notion – évoquée dans notre première conférence - de "spirale d'apprentissage", enchaînement intégré de séquences de description, de recherche et d'action, qui apparaît la seule manière possible d'affronter avec des connaissances incertaines les défis de demain.

Cette nouvelle vision a des conséquences pratiques importantes en termes de positionnement de la recherche. Elle amène tout d'abord à s'interroger sur les modes de recherche pertinents dans ce contexte. Outre le modèle hypothético-déductif basé sur l'expérimentation en milieu contrôlé – dont nous avons analysé les limites - , il existe en effet d'autres approches fécondes, comme la recherche-observation, basée sur la description et le suivi spatio-temporel des phénomènes et leur modélisation éventuelle (à l'exemple de l'épidémiologie, de la démographie ou d'une grande partie de l'écologie), l'approche comparative, qui essaye de tirer parti d'une diversité de situations contrastées pour identifier des déterminismes communs sous-jacents (à l'image de l'anatomie, de la physiologie ou de la linguistique comparée) ou la recherche-action, qui implique des interactions étroites entre chercheurs et gestionnaires d'une ressource ou d'un espace. Si l'on évalue l'intérêt de ces modes de recherche non seulement par rapport au critère de production de connaissances certifiées mais, plus globalement, par rapport à leur contribution à la "spirale d'apprentissage", on voit aisément que certaines hiérarchies implicites dans la communauté scientifique peuvent se voir fortement remises en cause, ce qui n'est pas sans conséquences en termes d'évaluation des chercheurs et de leurs productions⁶⁸. On lira en particulier sur cette question le passage "développement durable et production de connaissances" du rapport de Roger Guesnerie⁶⁹ « La recherche au service du développement durable ».

Autre conséquence de cette vision systémique, le regard est amené à se porter beaucoup plus sur l'intensité des échanges entre les composantes du système que sur la qualité intrinsèque de ces composantes. Cela signifie que si l'on veut améliorer l'efficacité de la "spirale d'apprentissage", il convient d'accorder au moins autant d'efforts à la circulation des flux (d'hommes, d'informations, de concepts...) qu'à l'optimisation du fonctionnement interne de chaque composante. Les notions d'auto-organisation et de capacité d'adaptation des systèmes complexes, liées à des interactions intenses et multiples entre de nombreuses composantes dotées chacune d'un petit nombre de comportements « simples », peut fournir une base théorique à cette nouvelle vision⁷⁰, que nous avons évoquée dans la première conférence à propos de la biomimétique.

⁶⁸ Voir par exemple Hubert B., Bonnemaire J., 2000. La construction des objets dans la recherche interdisciplinaire finalisée : de nouvelles exigences pour l'évaluation. *Natures Sciences Sociétés*, 8, 3, 5-19.

⁶⁹ Anonyme, 2003a. La recherche au service du développement durable, Rapport intermédiaire, 2 juin 2003. Ed. Ministère délégué Recherches et nouvelles Technologies, 53 p. Accessible sur : www.recherche.gouv.fr/rapport/devdurable/devdurable.htm

⁷⁰ Zwirn H., 2003. La complexité, science du XXI^{ème} siècle ? *Pour la Science*, 314, 28-29.

Enfin, cette démarche de connaissance et d'action interactive avec la société oblige à l'évidence à changer également l'attitude de la science par rapport au devenir de cette société. Le modèle positiviste d'une science « porteuse d'une vision du progrès qu'elle construit et met en œuvre », que nous avons analysé dans la dernière partie, n'est à l'évidence pas compatible avec celui d'une société contribuant à la construction de cette science et ayant, de ce fait, droit de regard sur son utilisation.

Les modalités de ce dialogue autour des « futurs possibles », aux différentes étapes du processus de recherche – définition d'un programme, réalisation, examen des applications possibles – sont en grande partie à inventer. On trouvera notamment dans Callon *et al.* (*Ibid.*) une revue critique de diverses expériences récentes, qui sont intervenues pour la plupart assez en aval du processus de recherche et se sont donc déroulées souvent dans un contexte de crise.

Il y a donc à faire œuvre innovante dans ce domaine mais nous sommes persuadé que ce savoir-faire devra faire partie des compétences des agronomes de demain.

Construire la triple alliance entre sciences agronomiques, sociales et écologiques

Comme nous l'avons vu, ces trois ensembles ont été caractérisé au cours du vingtième siècle par un triple clivage : clivage entre agronomie et sciences sociales, à travers la « désocialisation » des objets évoqués dans la seconde partie de notre analyse ; clivage entre agronomie et écologie, présenté en détail dans la troisième partie ; clivage, enfin, entre sciences sociales et écologiques, lié à la représentation occidentale d'un hiatus homme-nature, présenté dans la dernière partie.

Cependant, des éléments favorables à un rapprochement de ces pôles existent et ont été évoqués. On citera l'intérêt croissant de l'écologie pour des milieux hétérogènes, intégrant des activités humaines, son nouveau regard sur le rôle des perturbations et sur la nature ordinaire, à travers en particulier l'écologie du paysage⁷¹. De ce fait, interagir avec les sciences sociales pour comprendre la dynamique de ces paysages, le rôle des différents acteurs et leurs conséquences apparaît indispensable.

De même, l'agronomie est maintenant convaincue de la nécessité d'intégrer les concepts de l'écologie pour construire une révolution agronomique « doublement verte »⁷², intégrant les limites identifiées de la révolution verte, prenant en compte la diversité des productions - qu'elles soient marchandes (aliments, matériaux) ou non marchandes (services écologiques) – des agrosystèmes et susceptible de s'appliquer dans une gamme plus large de situation. En particulier, le lien entre répartition des activités agricoles dans un paysage (dans l'espace et dans le temps) et services écologiques rendus par ce paysage – épuration des pollutions, conservation de la biodiversité, lutte contre l'érosion – fait de l'écologie du paysage (ou des territoires) un lieu de convergences disciplinaires fortes.

Enfin, dès lors que cette révolution doublement verte ne proposera pas, à la différence de la révolution verte, un modèle unique mais devra se construire localement en intégrant la diversité des contextes économique, écologique, social et culturel, elle conduit nécessairement l'agronomie à « resocialiser » ses objets, pour les appréhender dans leur globalité et leur spécificité locale. Les démarches de sélection participative des semences, qui associent les paysans, dans leur diversité, à la définition des objectifs de la sélection des plantes et à sa

⁷¹ Voir notre conférence sur la biodiversité.

⁷² Pour cette intégration des concepts agronomiques et écologiques, voir l'ouvrage récent de Michel Griffon (2006) « Nourrir la Planète » Ed. Odile Jacob, Paris.

réalisation, ou de modélisation d'accompagnement⁷³, qui permet sur un territoire multi-usages de fournir aux différents acteurs une représentation des conséquences de leurs pratiques et de tester différents compromis possibles sont des exemples de ces approches nouvelles intégrant les dimensions à la fois biotechniques et sociales des phénomènes.

Envoi : pour une « agronomie intégrale »

Pour conclure, il nous semble souhaitable de regrouper ces deux piliers de la nouvelle agronomie, socialisation des démarches et des postures d'une part, intégration des sciences biotechniques et sociales d'autre part, dans un concept global. C'est pourquoi, en référence au mouvement de « l'art intégral », qui vise à la fois à associer différentes disciplines artistiques et à réinsérer l'art dans le quotidien des activités humaines, nous proposons de qualifier « d'agronomie intégrale » cette nouvelle agronomie. L'avenir nous dira quel sera le succès de ce néologisme, le succès étant non dans son intégration dans les discours mais dans sa capacité à promouvoir effectivement les changements de pratiques qu'il préconise.

*

⁷³ Voir Collectif ComMod (2005) « La modélisation comme outil d'accompagnement ». Natures Sciences Sociétés, 13, 165-168.