

18^{ES} CONTROVERSE EUROPEENNES DE MARCIAC

L'agriculture a-t-elle le droit d'être moderne ?

1^{ER}/2 AOÛT 2012 À MARCIAC (GERS)

Après des décennies de relations clairement affichées - révolution verte, modernisation des années 60, biotechnologies-, certains progrès technoscientifiques semblent avancer masqués dans le champ de l'agriculture et de l'alimentation. Quels sont les fronts bloqués et ceux qui, au contraire, avancent très rapidement ? Telle était la demande de la Mission Agrobiosciences adressée à Etienne Hainzelin, agronome et docteur en sciences du végétal, ex-directeur de la recherche et de la stratégie du Cirad, actuellement conseiller du PDG du Cirad et professeur invité à la Faculté des sciences sociales d'Ottawa, au sein de l'Ecole du développement international et de la mondialisation.

EXPOSE

L'agriculture et les sciences, un couple inavouable ?

Par Etienne Hainzelin, Conseiller du président-directeur général du Cirad

Quelques réactions d'abord sur le petit paragraphe introductif qui précède et l'intitulé de l'exposé.

A propos du « couple inavouable »... Monsieur Agriculture et Mesdames les Sciences – cela fait déjà un couple suspect de polygamie - se sont longtemps côtoyées et fréquentées. Il y a eu une époque où ils s'affichaient triomphalement en ville (et à la campagne). Aujourd'hui, leur relation s'est un peu tendue...mais s'agit-il même vraiment d'un couple ? La difficulté ne provient-elle pas justement du fait qu'on avait trop tendance à marier l'agriculture, sur un modèle conceptuel unique, aux sciences, dans une attitude technocratique maintenant largement suspecte ? Ne vaudrait-il pas plutôt parler des multiples unions libres entre l'incroyable diversité des agricultures et la très large palette des connaissances ?

« **Certains progrès technoscientifiques...** » On appréhende pleinement aujourd'hui la difficulté de mesurer le « progrès ». Mot piégé, un peu à l'instar de la notion de modernité qui fait l'objet de ces controverses. La science agronomique triomphante qui affichait (et affiche encore) de fières courbes d'augmentation des rendements ne fait plus recette. La maximisation des rendements, avec son cortège d'effets induits désormais mieux quantifiés, n'équivaut plus à un progrès. Car un progrès d'aujourd'hui peut signifier un désastre demain ! De fait, de nos jours, tout progrès équivaut bien plutôt en un meilleur compromis entre un faisceau d'effets positifs ou négatifs, à très court terme ou à long terme, pour les uns que nous savons mesurer - rendements, pollution, revenu...) – pour d'autres pas encore : perte en biodiversité, bien-être, valeur des paysages, etc.

« **...semblent avancer masqués** ». Cette phraséologie donnerait à penser qu'il y a dans l'évolution de l'agriculture des esprits maléfiques décidant des agendas dans des buts inavouables. Je n'y crois pas. En revanche, il est clair que l'agriculture va être de plus en plus le lieu d'affrontements et de rapports de force qui la dépassent, par exemple en matière de luttes pour le foncier, d'enjeux climatiques, de sécurité alimentaire et énergétique, etc.. C'est ainsi largement en dehors de l'agriculture que se forment les agendas et les évolutions de ce secteur. Par ailleurs, il n'y a pas de « bons » et de « méchants » dans l'histoire, il n'y a que des affrontements d'intérêts antagonistes. C'est la même chose dans le cas des progrès « technoscientifiques ». Il convient alors de s'interroger sur le poids des producteurs et des organisations agricoles dans les dynamiques à l'œuvre ainsi que dans les choix effectués : historiquement, à l'exception des périodes où ils représentaient un groupe puissant d'électeurs, les producteurs ont été très généralement perdants, faute de pouvoir instaurer de véritables rapports de forces. Ainsi est-il rare que les gains de productivité profitent aux producteurs.... Ce sont d'autres acteurs qui, pour leur propre intérêt, cherchent à orienter les évolutions de l'agriculture, spécialement au Sud, et dans ce contexte, la recherche qui a, elle aussi, ses intérêts et ses agendas spécifiques, est tiraillée. Ce qui renvoie au retour de la régulation et de l'action publique.

Une exigence : transformer les systèmes de production et de consommation.

Comme sur beaucoup de sujets, on ne peut entreprendre de réflexion sans rappeler que l'agriculture n'est pas « une ». Sa diversité est très large et elle est en perpétuelle évolution. De quelles agricultures parle-t-on ? Caricaturalement, veut-on évoquer celles du Nord qui ont avancé en intensification via le pétrole et qui doivent faire machine arrière pour des raisons de finitude de ressources et d'impacts sur l'environnement ? Ou bien celles de certains pays du Sud, issues de la révolution verte¹, qui ont fortement intensifié sur la base du travail et des intrants mais qui doit gérer maintenant les limites du modèle ? Ou s'agit-elle enfin des agricultures des pays les moins avancés qui n'ont pas réellement commencé à intensifier ?

Par mon parcours et mes fonctions professionnelles, je suis plus investi dans les dynamiques d'évolution des agricultures du Sud que dans celles du Nord, même si je suis conscient que leurs destins sont très liés.

Une fois cette diversité soulignée, il faut reconnaître que toutes ces agricultures doivent vivre aujourd'hui plus qu'une évolution, mais *une exigence de transformation*. La seule modernisation est largement insuffisante. L'agriculture étant une des rares activités humaines centrées autour de la production durable de biomasse, il s'agit non pas de moderniser, mais de transformer, c'est-à-dire de revoir en profondeur les bases mêmes de l'activité.

¹ La révolution verte désigne la modernisation technologique rapide et à grande échelle des agricultures de certains pays du Sud entre 1960 et 1980, issue d'une volonté politique et via l'utilisation d'intrants, de création variétale à haut rendement (notamment pour le blé, le riz et le maïs), de l'introduction de la mécanisation, de l'irrigation et de mesures d'accompagnement des productions. Si la productivité agricole a ici et là spectaculairement augmenté, on mesure également la disparité des résultats selon les pays, les effets négatifs pour l'environnement et certains impacts socio-économiques parfois discutables pour les populations agricoles.

Revenons rapidement sur les termes de l'équation. D'un côté, des ressources : terres cultivées, biodiversité, technologies, pétrole, eau, phosphore, potasse... ; de l'autre, des demandes : croissance démographique, sécurité alimentaire, biomasse, énergie, services écosystémiques et milieux naturels à préserver. Il y a donc à la fois un patrimoine / capital à préserver et une capacité de production menacée par les dégradations de ce capital et par bien d'autres facteurs, tels que le changement climatique. De multiples exercices de prospective montrent que si, aux horizons où la démographie mondiale se stabiliserait (2050-2060), on souhaite réellement nourrir tout le monde, éviter la pauvreté rurale, les tensions géopolitiques, les dégradations irréversibles de l'environnement et de la biodiversité, il y a non seulement des décisions politiques à prendre, notamment en termes de régulation, mais il y a aussi une exigence pressante de transformation des systèmes de consommation et des systèmes de production. Même si ces transformations prendront du temps et généreront des conflits d'intérêts, le sentiment d'urgence est bien là.

Puisqu'il faut produire plus et mieux, la vraie problématique scientifique de l'agronomie, ce sont donc les nouvelles voies d'intensification, qu'elles touchent les aspects biologiques, agronomiques ou organisationnels, pour que les agricultures du Nord qui ont trop artificialisé reviennent en arrière, retrouvent «la raison écologique» et que celles du Sud, qui restent à des niveaux de rendements très bas, investissent et innovent pour augmenter leur rendements, la productivité du travail et le revenu de leurs producteurs en évitant les pièges de l'intensification conventionnelle.

Il ne s'agit pas seulement de sciences et de technologies ou de tel ou tel aspect à améliorer : c'est une vision complètement nouvelle de l'agriculture qui se construit aujourd'hui. Après 100 années d'intensification par artificialisation et par forçage des systèmes, on redécouvre l'agriculture dans toutes ses dimensions biologique, écologique et humaine. Cette évolution n'est pas simple, ni pour les producteurs, ni pour les scientifiques, les uns et les autres étant majoritairement issus de l'étape précédente, où la science a été particulièrement triomphante. Ainsi, quand on parle de modernisation aujourd'hui dans les pays du Sud, les dirigeants politiques pensent encore souvent tracteurs, grandes exploitations mécanisées (et donc évictions rurales), biotechnologies, etc.

Quel doit donc être le rôle de la science dans cette transformation ?

Il existe de nombreux travaux et expertises sur la place des sciences et des savoirs dans le futur de l'agriculture, dont les plus importants au niveau mondial sont issus de l'Iaastd². Résumons les principales pistes.

- La prise en compte renouvelée des « écosystèmes de l'innovation ». La connaissance scientifique n'est pas tout ; il convient d'intégrer le parcours entier de la connaissance vers l'impact, la décision politique, la dimension technique du producteur, les innovations techniques, sociétales et organisationnelles. Je pense en particulier aux agricultures du Sud qui voient des technologies nouvelles tombées du ciel (du Nord), totalement exogènes et qui ont toutes les chances d'être étrangères aux préoccupations et aux contraintes des producteurs. Ces parcours de la connaissance sont extraordinairement divers - pas toujours déterministes - et cette diversité est une composante à part entière de la biodiversité. Il faut passer du modèle linéaire « paquet technologique » au modèle en boucle « innovations locales complexes sur la base d'ingrédient divers »... Il y a du chemin à faire !

² International Assessment of Agricultural Science Knowledge and Technology for Development (Iaastd), c'est-à-dire l'évaluation internationale des sciences et technologies agricoles au service du développement. Cette expertise collective, initiée et animée par la Banque mondiale et plusieurs agences des Nations unies, à partir de 2005, a impliqué 57 gouvernements ainsi que de nombreux acteurs du développement, des représentants des secteurs agricole et agroalimentaire, du monde académique et de la société civile. Elle s'est achevée par la Conférence intergouvernementale de Johannesburg d'avril 2008.

- La nécessité des connaissances contextualisées. Dans l'univers de l'agriculture industrialisée, la plupart des technologies sont génériques. Rien de plus logique puisqu'on tend justement, dans ce cadre, à effacer le contexte local et ses limitations. Ainsi, dans un système artificialisé, les courbes de réponse à un intrant sont-elles les mêmes partout. En revanche, tenter de comprendre les mécanismes à l'œuvre dans la diversité des situations ou de combiner des technologies en tirant parti du contexte, est bien plus malaisé. C'est pourtant ce type de science, déclinée en fonction des contextes et des situations, dont nous avons besoin. Une gageure qui exige de redonner largement la main des agriculteurs pour construire l'innovation ; ce sont eux qui connaissent le mieux leurs milieux, leurs atouts, leurs contraintes et qui capitalisent et transmettent les savoirs au travers de leurs expériences permanentes.

Dans cette transformation que doivent vivre les agricultures - leur « écologisation » - il est probable que les ruptures viendront tout autant de la meilleure compréhension écosystémique et de la meilleure maîtrise par les acteurs de la complexité des combinatoires que des technologies dites de ruptures. Bien sûr, c'est moins « sexy » que les variétés miracles comportant tel gène de résistance à la sécheresse, mais c'est probablement plus pertinent. Sans oublier que les grandes innovations de ruptures résultant de la manipulation du vivant auront bien plus de chances d'être acceptées par le corps social et de devenir réalité si elles sont intégrées dans une telle démarche.

- La modestie. Par rapport à la transformation de l'agriculture, l'apport de la recherche scientifique est essentiel mais reste limité. D'abord pour des questions de capacité d'investissement scientifique - je parle ici surtout des agricultures du Sud. Prenons les ratios science agronomique / producteur et comparons la France et l'Afrique sub-saharienne. En France, l'Inra, Arvalis, le Cirad l'Irstea, certaines unités du CNRS, des écoles et des universités, etc. réunissent environ 3000 chercheurs pour 300 000 exploitations, soit un ratio de 1/1000 qui, en plus, est en augmentation du fait de la réduction du nombre d'exploitants et du retour de l'intérêt pour l'agriculture. Dans les pays d'Afrique Subsaharienne, le ratio n'est au mieux que de 1/20000. Soit 10000 chercheurs environ pour 200 millions d'actifs agricoles...

L'apport de la recherche scientifique est limité également en raison de la nécessité d'interagir avec les autres acteurs dans les écosystèmes d'innovation. L'agriculture ne peut se transformer que si ses nouvelles modalités s'intègrent dans un véritable projet de développement collectif, territorial, politique. Or si la science peut contribuer au projet, elle ne peut ni le décider, ni le diriger.

Quels sont les fronts scientifiques qui avancent ?

Compte tenu de ce qui vient d'être dit, il va de soi qu'il ne peut y avoir d'inventaire catalogue ou de listes triomphantes des promesses technologiques aptes à résoudre tous les problèmes. Cependant, beaucoup de choses peuvent « bouger » de façon décisive en termes de science et changer assez radicalement les éléments de l'équation. Je vous propose quelques zooms sur ces champs de recherche en mouvement, sans prétention à l'exhaustivité ni à la priorisation.

Rappelons d'abord que si l'agriculture est ancienne, la biologie est une science jeune à l'échelle de l'histoire des connaissances, au regard de la physique ou de l'astronomie par exemple. Il y a à peine 300 ans, on découvrait qu'il fallait la fécondation de deux gamètes pour faire un œuf, alors même que les hommes calculaient assez précisément la course des étoiles ou la distance terre-soleil... De même, souvenons-nous qu'il y a seulement 100 ans que l'on sait à quoi servent les chromosomes. Quant à l'écologie, elle est plus jeune encore. Ces deux jeunes disciplines avancent rapidement.

Dans les sciences du végétal, il y a ainsi une compréhension de plus en plus fine du fonctionnement intime du vivant au niveau individuel (génétique, physiologie moléculaire, protéomique, métabolomique, etc.) mais également au plan des peuplements végétaux.

Concernant le matériel végétal nécessaire à la production agricole, cela implique une forte accélération de l'amélioration des plantes, avec de nouveaux outils d'une puissance extraordinaire pour explorer, comprendre, brasser, sélectionner la diversité génétique, particulièrement intraspécifique.

Ces outils de biologie moléculaire, dont la puissance augmente au rythme de la capacité des puces informatiques, ouvrent des portes qui étaient inimaginables il y a quelques années, comme la biologie prédictive ou la biologie synthétique, la valorisation des résultats au sein des variétés pouvant s'imaginer soit par transgénèse, soit par sélection assistée par marqueurs.

De même, la sélection génomique déjà opérationnelle permet désormais, en sautant la phase du phénotypage³, de lire directement dans le génome de la plante les caractéristiques susceptibles de s'exprimer au champ, ce qui aide considérablement dans la création de nouveaux matériels végétaux.

Si on sort du schéma classique des cultures conventionnelles, d'autres ruptures sont possibles au carrefour de la biologie et de l'écologie : on peut ainsi imaginer la mise en place de peuplements complexes, tirant un meilleur profit des ressources disponibles dans l'espace et dans le temps, ou encore l'exploration de nouvelles espèces utiles pour la production ou pour les services. Car sur les milliers d'espèces comestibles, seules une trentaine font l'objet de travaux d'amélioration importants... Ces nouveaux horizons sont complexes mais prometteurs dans une optique d'intensification écologique. Avec les cultures associées ou l'agroforesterie, nous n'en sommes qu'aux prémices de ces démarches, qui demandent à relever quelques défis méthodologiques forts, en termes de modélisation, de prédiction, d'ingénierie reverse etc.

De fait, ces exemples illustrent les questions clés que pose l'évolution des sciences du vivant :

Ainsi, qu'en est-il de la capacité d'intégration des connaissances et des démarches ? Car bon nombre d'entre nous le savent : plus on approfondit la connaissance intime du vivant, plus on risque de perdre de vue la compréhension systémique des phénomènes.

Ensuite, quid de la définition d'un projet ? Toutes ces approches et ces outils doivent en effet s'insérer dans une vision de l'agriculture. Créer de nouveaux matériels végétaux nécessite par exemple de définir au préalable les critères et les idéotypes en fonction des pratiques, des objectifs et des modèles agricoles visés. On ne peut plus aujourd'hui se cantonner aux uniques performances de rendement.

Enfin, comment ne pas s'interroger sur l'appropriation du vivant ? Si certaines technologies accroissent les performances des variétés, elles peuvent aussi accroître les dépendances des producteurs. Pourquoi pas, si ces derniers exercent une liberté de choix ? Mais ce n'est pas le cas lorsqu'il n'y a plus d'espace pour le bien public. Par ailleurs, plus on s'attache à comprendre finement le fonctionnement des systèmes biologiques et écologiques, loin du paradigme de l'artificialisation, moins on peut se contenter de technologies ou de variétés passe-partout. En abordant des concepts telles que des variétés « à finir soi-même », on arrive *in fine* au paysan chercheur, gestionnaire du vivant, ce qui questionne aussi le statut de ces matériels.

Des sols et une faune que nous (re)découvrons

Dans le domaine du vivant encore, au-delà des sciences du végétal, notons la redécouverte de la réelle nature des sols. La réflexion sur les nouveaux chemins de l'intensification passe nécessairement par des interrogations sur l'alimentation hydrique et minérale et sur les

³ Le phénotypage désigne la caractérisation du comportement des plantes, de leurs performances, de l'expression des gènes d'intérêt.

interactions biologiques des couverts végétaux et donc sur les sols. Or on découvre que ces derniers sont loin d'être des supports inertes qu'il suffit de bourrer de fertilisants pour booster les rendements, ainsi que la science agronomique *mainstream*⁴ nous l'a présenté pendant un siècle. Nous commençons tout juste à entrevoir l'écosystème du sol et la manière dont il pourrait être « piloté » au bénéfice de l'agriculture durable.

Il existe d'autres éléments que nous (re)découvrons, émerveillés. Tel est le cas pour la faune du sol, qui représente une biomasse active essentielle : on dénombre environ 250 millions d'organismes de microfaune dans le tiers de 1 m² de prairie, soit plusieurs milliers d'espèces. Cela représente une biomasse de plusieurs tonnes par hectare. A tel point que dans un hectare de prairie, il y a des chances pour que le poids des lombrics dépasse celui des vaches en termes de biomasse. Même chose du côté des champignons et bactéries avec jusqu'à 100 millions de micro-organismes pour un gramme de sol.

Et puis, bien sûr, nous appréhendons désormais que le sol vit au travers de systèmes d'information, de signaux entre espèces (les mycorhizes, association symbiotique entre des champignons et les racines des plantes), d'interactions entre sphères racinaires et biodiversité du sol, de symbioses, de transferts de matière inattendus, etc. En clair, ces organismes nourrissent un lien étroit avec les ressources fournies par les sols en termes hydriques (rétention de l'eau) et minéraux (cycle du carbone, de l'azote, etc.). En ce sens, nous pouvons faire un parallèle avec la microflore intestinale des animaux, donc des hommes. Nous sommes toujours surpris de découvrir que chacun d'entre nous porte dans son intestin des centaines de milliards d'organismes – soit 2 ou 3 kg - qui sont essentiels à notre santé, à tel point que l'asepsie conduirait à la maladie et à la mort.

Pour résumer, des avancées essentielles des connaissances agronomiques sont probablement à espérer au niveau des sols, dans le sens d'un renforcement de la fertilité au sens large, de la remédiation des terres dégradées, de la pédogénèse artificielle, etc. Reste aussi des blocages possibles à terme : la société et les agriculteurs accepteront-ils l'idée d'ensemencer des souches bactériennes sélectionnées dans des sols agricoles, de sélectionner des organismes utiles comme les lombrics et les micro-insectes pour améliorer le fonctionnement des sols ?

Dernier front disciplinaire que j'évoquerai : les sciences de l'action et de l'intégration. L'agriculture se retrouve en effet au cœur de multiples enjeux de la société. La parcelle, l'exploitation agricole ne peuvent pas être raisonnées de façon insulaire. Aussi les sciences agronomiques doivent-elles intégrer de plus en plus de sciences humaines pour être capables de replacer l'activité agricole dans les paysages, ans les sociétés, en optimisant les interactions nature-agriculture, mais aussi les interfaces avec d'autres activités.

Ainsi, à l'échelle des paysages et des territoires, l'ingénierie écologique doit permettre d'optimiser les compromis entre productions agricoles, services écosystémiques et valorisation des ressources naturelles. Une perspective potentiellement très féconde, faisant appel obligatoirement aux sciences sociales et politiques pour intégrer les jeux d'acteurs, la régulation, l'action publique, le rôle des normes, etc.

La recherche doit changer de posture !

Pour conclure, trois points que je souhaite mettre en exergue.

En premier lieu, la recherche doit changer de posture et cultiver les interactions avec les différents acteurs concernés, à commencer par les agriculteurs, ceux-là même qui gèrent le vivant. Changer de posture, c'est donc adopter plus de modestie, raisonner intégration, penser contextualisation. Quant au contenu de la programmation de la recherche et à ses priorités, je me méfie de la

⁴ *Mainstream* : courant principal, modèle dominant.

réflexion « hors sol » des scientifiques : est-ce à eux seuls de définir leurs priorités? Il me semble plus fécond de construire de plus en plus de lieux d'interactions.

Ensuite, j'insiste, l'agriculture doit avoir un projet, et sa transformation doit s'inscrire dans ce dernier. C'est vrai pour les agricultures du Nord comme pour celles du Sud. La science doit être attentive à la construction de ces projets, aider à éclairer ses enjeux, contribuer aux solutions, catalyser des politiques mais en aucun cas elle ne doit se substituer aux autres acteurs pour le construire.

Enfin, n'oublions pas que des blocages réels existent concernant certaines technologies, comme la transgénèse ou les nanotechnologies en biologie. D'autres risquent d'émerger dans le futur. Ils ne pourront être levés qu'en instaurant le débat sur le projet et en restant ouvert aux interactions entre les acteurs.