



Évolution agrotechnique contemporaine 1 - Les transformations de la culture technique agricole.

Michel J.F. Dubois, Loïc Sauvée

► To cite this version:

Michel J.F. Dubois, Loïc Sauvée. Évolution agrotechnique contemporaine 1 - Les transformations de la culture technique agricole.. 2016, 978-2-914279-15-4. hal-04254417

HAL Id: hal-04254417

<https://hal.science/hal-04254417>

Submitted on 23 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Évolution agrotechnique contemporaine

Quelles transformations de la culture technique agricole ?

« L'une des tâches d'une technologie de l'agriculture actuelle serait d'éclairer toute cette zone d'ombre que constituent les savoirs d'origine interne [...]. Elle intéresse surtout les activités les plus complexes, les plus difficiles à standardiser, celles où la part de l'imprévu est la plus grande [...]. Il serait erroné de penser que ce champ de recherche devrait aller en diminuant d'importance. Il ne fera que s'étendre au contraire, dans la mesure où le progrès des connaissances d'origine extérieure ne pourra qu'accroître le nombre et la complexité des adaptations nécessaires et des choix possibles. »

François SIGAUT

Une discipline scientifique à développer : la technologie de l'agriculture, 1976, p. 23.

Introduction

Michel J.-F. DUBOIS, Loïc SAUVÉE

Cet ouvrage collectif est issu d'un séminaire de recherche qui s'est tenu le vendredi 26 juin 2015 à Beauvais (Institut Polytechnique LaSalle Beauvais). Il a été organisé par l'unité de recherche PICAR-T, dans le cadre du Groupement d'Intérêt Scientifique UTSH (Unité des Technologies et des Sciences Humaines). Ce GIS a été constitué en 2013, à l'initiative des unités de recherche COSTECH (Université de Technologie de Compiègne), Tech-CICO et CREIDD (Université de Technologie de Troyes), RECITS (Université de Technologie de Belfort-Montbéliard) et PICAR-T (Institut Polytechnique LaSalle Beauvais), dans le but de promouvoir et de développer la recherche en sciences humaines et sociales, en environnement d'ingénierie (LENAY *et al.*, 2014). Plus spécifiquement, ce GIS cherche à interroger les singularités des recherches en sciences humaines et sociales qui s'intéressent au fait technique, vu tant comme objet d'étude et comme condition d'accès aux terrains que comme modes de médiation mobilisés par ces recherches.

Dans ce cadre de ce GIS UTSH, le séminaire s'est focalisé sur la problématique centrale de l'évolution technique en agriculture vue sous le prisme d'une relation à trois acteurs : l'homme, la technique et le vivant. On ne peut pas penser l'agriculture sans poser ces trois acteurs en interaction. Indéniablement, l'agriculture est une activité technique, mais bien différemment de toutes les autres activités techniques, car elle agit avec et sur le vivant qui est, de fait, à la fois source de la production et ce qui est produit. La focalisation sur cette thématique vient de l'intuition fondée sur de nombreuses observations ainsi que sur les discours portés sur l'agriculture depuis les cinq dernières années. En effet, cette relation à

trois acteurs est en profonde transformation et cette mutation mérite d'être interrogée dans une perspective que nous précisons ci-dessous.

Une évolution complexe des agrotechniques contemporaines

Des mouvements complexes affectent les évolutions techniques récentes du monde agricole. Sans être exhaustif, citons :

- 1) La révolution numérique, l'automatisation et la robotisation qui semblent appelées à faire système et à définir de nouveaux modes de production, d'appropriation et de contrôle du vivant ; cela concerne autant la production végétale qu'animale. Cela peut fondamentalement reconfigurer la pratique agricole et les modes d'appréhension et de constitution des savoirs par les agriculteurs.
- 2) Un mouvement de simplification des techniques et de redécouverte des processus dits naturels (agriculture biologique, agriculture de conservation, permaculture, agro-écologie, agroforesterie, simplification du travail du sol), basés sur une compréhension systémique des processus de production du vivant, devenant vecteurs d'innovations et de ruptures techniques.
- 3) Des orientations liées aux problématiques énergétiques qui conduisent à la mise en place de circularités entre acteurs, dans une logique d'écologie industrielle et territoriale, lesquelles sembleraient pouvoir changer le rôle de l'agriculture et des agriculteurs dans la production et la consommation d'énergie.

Dépasser les discours technophiles ou technophobes

Ces évolutions agrotechniques échappent difficilement aux discours et aux idéologies, soit technophiles sur le sens inéluctable du « progrès technique », soit technophobes sur le nécessaire retour à un « avant » du progrès. Elles y sont d'autant plus sensibles que les techniques agricoles sont toujours associées au vivant, à la fois produit et producteur, et perturbent les représentations collectives de la nature, tant des consommateurs, des

citoyens, des ruraux, que des agriculteurs eux-mêmes¹. Pour autant, *quel(s) sens donner à ces évolutions agrotechniques*² qui peuvent apparaître par certains aspects comme contradictoires ? L'objectif de ce séminaire est de s'interroger sur ces devenir techniques de l'agriculture, en partant du point de vue de la technique elle-même et de son évolution intrinsèque.

Hypothèse de la concrétisation des productions agricoles

L'hypothèse sous-jacente que l'on a cherché à explorer dans ce séminaire est que ces évolutions reflètent une multitude de voies possibles pour atteindre des gains de concrétisation, dans le sens simondonien³, des processus de production du vivant. Ces voies s'opérationnalisent à différents niveaux d'échelle et avec différents gradients d'interaction. Il conviendrait donc de s'interroger sur les logiques propres et sur les modes de représentation implicites du vivant et de la technique qui y conduisent. En corollaire à ces évolutions, la situation de l'agriculteur est ainsi questionnée du point de vue de sa place et de son rôle dans ces voies d'évolution agrotechnique. En effet, il n'est, selon nous, pas possible d'interroger le fait technique et son évolution sans s'interroger en parallèle sur les dimensions des représentations systémiques qui prennent corps : en d'autres termes, sans faire référence à la culture technique⁴ de l'agriculteur en particulier ou du monde agricole dans son ensemble.

¹ On peut citer en particulier Catherine LARRERE, Raphaël LARRERE, 2009 et 2015.

² Nous donnerons au terme « agrotechnique » un sens générique, c'est-à-dire concernant le monde de la production agricole (végétale et animale) vu sous l'angle des pratiques et des techniques mobilisées par les agriculteurs. À des techniques isolées et sorties de leur contexte, nous privilégions une vision systémique : les techniques vues comme systèmes imbriqués à plusieurs niveaux d'échelle, mais fortement corrélés entre eux et entrant en « résonance » et, bien sûr, intégrant l'homme (l'agriculteur) dans ses interactions avec son milieu (technique et vivant) associé.

³ Simondon expose le concept de concrétisation, dans *Du mode d'existence des objets techniques*, en opposant un objet abstrait, dont chaque fonction est associée à une structure définie sans « autocorrélation » et un objet concret dont les fonctionnalités sont intriquées et inséparables (autocorrélées). Le piston à ailettes incorporées intègre plusieurs fonctions dans la même structure. Il est plus concret que la conception d'origine qui séparait le système de refroidissement du piston lui-même. La concrétisation crée de nouvelles conditions qui la rendent possible. Autrement dit, elle conditionne son milieu associé au lieu d'être conditionné par lui. C'est pour lui le schème de l'invention, laquelle génère son milieu associé. Le vivant est le modèle de la concrétisation.

⁴ Cette expression fait référence au concept défini par Simondon de « culture technique comme une médiation, c'est-à-dire comme un moyen d'agir dans un milieu ».

Deux thèmes dominants

Plus spécifiquement, l'objectif du séminaire était d'explorer les enjeux de ces évolutions à travers deux thèmes, en prenant appui sur des innovations agrotechniques en train de se faire :

1) Le thème de l'interaction entre technique et vivant. Quelles sont les dynamiques d'interaction entre ces deux termes, technique et vivant ? Interactions guidées par la technique dans son rapport au vivant (animal et végétal), ou bien guidées par le vivant dans son rapport à la technique (ou aux techniques) ? Aboutit-on à la création de nouveaux « objets agrotechniques » ? Si oui, comment les caractériser ? Ces nouveaux objets traduisent-ils une artificialisation de la nature ou bien une naturalisation de la technique ? Ou encore une autre évolution renvoyant dos à dos les deux termes de cette opposition ? Quels mouvements de convergence et/ou de divergence se font jour dans ces grandes évolutions agrotechniques ?

2) Le thème du rôle de l'agriculteur dans ces évolutions agrotechniques. Ces évolutions définissent-elles de nouveaux modes d'association des agriculteurs entre eux et/ou à d'autres acteurs ? De nouvelles configurations des savoirs et des pratiques des agriculteurs ? Une nouvelle relation des agriculteurs vis-à-vis des tenants du savoir et de sa construction ? Permettent-elles l'émergence d'une nouvelle culture technique agricole ? À quelles conditions sociopolitiques ?

Les auteurs et les participants du séminaire

Ce séminaire a rassemblé des praticiens (agriculteurs et ingénieurs), des chercheurs en sciences de la vie et de la terre, en sciences humaines et sociales, des philosophes et des historiens des techniques dans un échange de perspectives : témoignages de pratiques concrètes, mises en perspective théorique et historique. Outre les présentations, des débats ont eu lieu durant la journée et ont permis des échanges entre les orateurs et les participants.

Afin de permettre une élaboration constructive focalisée sur les deux questions décrites ci-après, les orateurs et les participants ont été choisis en fonction de leurs compétences et de leurs expériences. Parmi les quarante personnes présentes pour débattre sur les problématiques correspondantes, étaient présents une dizaine d'agriculteurs, autant d'ingénieurs en entreprise ou en institution et une vingtaine d'enseignants-chercheurs.

Nous avons invité des acteurs ou des penseurs non focalisés sur le rejet *a priori* d'une technique ou d'un outil, avec une recherche d'un maximum d'ouverture sur l'ensemble des techniques, classiques et nouvelles, en agriculture. Aussi, le champ des échanges a été très large, tout en étant surtout focalisé sur des problématiques techniques incorporant la relation entre homme et nature, épistémiques, sociopolitiques et historiques. Finalement, la relative indépendance entre systèmes de culture (dans son sens agricole) et nouvelles approches techniques semble avoir confirmé nos choix. Il ne semble pas que des présentations de l'agriculture biologique, de la permaculture, de la culture sous serre ou des productions complètement hors-sol auraient apporté des éléments fondamentalement différents de ceux qui ont été mis en évidence durant ces échanges.

Les textes présentés ci-après sont le fruit d'un travail de retranscription intégrale des présentations enregistrées⁵ en continu, puis revues et corrigées sur des aspects strictement formels, parfois complétées par des références bibliographiques par les intervenants. Ils en conservent donc l'essentiel de leur style oral⁶. L'ordre de présentation ci-après repris dans l'ouvrage respecte également la succession chronologique des exposés. Ce plan a été construit avec un objectif précis. Nous sommes lucides qu'il n'est pas possible de présenter tout l'état de la situation technique de l'agriculture, même uniquement en France. Nous

⁵ La journée a été filmée par Maxime Agnès (Direction du Développement Durable, LaSalle Beauvais). Les retranscriptions ont été réalisées par Vincent Mangin (étudiant en 5^e année EIA, LaSalle Beauvais), Nalini Rakotonandraina (ingénieur d'études, équipe PICAR-T) et nous-mêmes. Nous tenons à remercier Maxime, Nalini et Vincent pour leur aide.

⁶ Excepté la synthèse, rédigée *a posteriori*. Cette synthèse a commencé à être écrite après la mise en forme de l'ensemble des exposés et la validation par leurs auteurs. Elle se base sur les présentations, les débats et s'appuie sur un cadre général plus large.

avons choisi des domaines qui sont en changement rapide. Cela concerne comment sont concrètement envisagées les questions agrotechniques par les praticiens qui semblent être sur le « front » de l'évolution technique, et qui sont capables d'en parler du point de vue de leur évolution interne. Certes, ils ne représentent pas tous les agriculteurs, mais ils nous semblent être des représentants significatifs, crédibles et légitimes d'une évolution qui se voit. Il y a cinq ans, les exploitations agricoles avec méthaniseur ou cellules photovoltaïques ou encore robot de traite étaient très peu nombreuses. Leur population croit actuellement si vite qu'elles pourraient être les représentantes d'une transformation visible d'ici quelques années. On peut en dire de même des problématiques agro-écologiques dans leur sens large. Comprendre ce qui se passe nous paraît très important. Nous avons choisi des philosophes et des historiens des techniques sans faire appel à des sociologues. En effet, notre problématique est d'abord technique, et il ne pouvait être question, à ce stade, d'entrer dans une approche sociologique d'un groupe d'agriculteurs. Que les agriculteurs, innovateurs techniques, puissent appartenir à un groupe sociologique spécifique est probable⁷, qu'ils soient des « acteurs-réseaux » également⁸, mais cette réflexion aurait dépassé le cadre de ce travail.

Plan de l'ouvrage

- I. Michel GRIFFON, La nature comme modèle : un chemin vers l'appréhension de la complexité agricole
- II. Alfred GÄSSLER, Le semis direct sous couvert végétal : une approche agricole systémique
- III. Michel LUCAS, Le déploiement des nouvelles techniques sur l'exploitation agricole
- IV. Erick LEBRUN, L'agriculture de précision et l'apport de l'utilisation de drones
- V. Thierry RIBEIRO, La méthanisation et son application à l'agriculture

⁷ VIVIER Nadine, 2009 ; SARRAZIN François, 2014.

⁸ LATOUR Bruno, 2006.

- VI. Aubin LAFON, L'agroforesterie, clé de voûte de l'agro-écologie ?
- VII. Xavier GUCHET, La nouvelle agriculture : une transformation de la conception de la nature ?
- VIII. Patrick DU JARDIN, Éléments pour une nouvelle ingénierie de l'agriculture
- IX. Fabien KNITTEL, Réflexions d'historien sur les techniques agricoles passées et actuelles
- X. Michel J.-F. DUBOIS et Loïc SAUVÉE, Synthèse et développements. Sens des évolutions agrotechniques contemporaines à la lumière des interactions systémiques : vers l'invention d'une nouvelle culture technique agricole ?

Références

HAUDRICOURT André-Georges, *La technologie, science humaine : recherches d'histoire et d'ethnologie des techniques*, Les Éditions de la MSH, 1988.

LARRERE Catherine, LARRERE Raphaël, *Penser et agir avec la nature*, La découverte, 2015.

LARRERE Catherine, LARRERE Raphaël, *Du bon usage de la nature : Pour une philosophie de l'environnement*, Flammarion coll. Champs, 2009.

LATOUR Bruno, *Changer de société, refaire de la sociologie*, Paris, La Découverte, 2006.

LENAY Charles, SALEMBIER Pascal, LAMARD Pierre, LEQUIN Yves, Claude, SAUVÉE Loïc, « Pour une recherche technologique en sciences humaines et sociales », in BERNARD A., DELL'ANGELO M., DE MONTGOLFIER S., GODFROY A.-S., HUCHETTE M., MAYRARGUE A., ROUX C. (éds.), *SHS Web of Conference*, vol. 13, SHST 2013-UPEC : sciences humaines en sciences et techniques – Les sciences humaines dans les parcours scientifiques et techniques professionnalisants : quelles finalités et quelles modalités pratiques ? 7-8 février 2013, Paris-Est Créteil, France, 2014.

REGNAULT Henri, DE SARTRE Xavier Arnaud, REGNAULT-ROGER Catherine, *Les révolutions agricoles en perspective*, Paris, Éditions France Agricole, 2012.

SARRAZIN François, *Les élites agricoles et rurales : Concurrences et complémentarités des projets*, Rennes, PUR, 2014.

SIGAUT François, « Une discipline scientifique à développer : la technologie de l'agriculture », *Cahiers des Ingénieurs Agronomes*, n° 307, 1976, p. 16-21.

SIMONDON Gilbert, *Sur la technique*, Paris, PUF, 2014.

SIMONDON Gilbert, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 2013.

VIVIER Nadine, *Élites et progrès agricole : xvi^e-xx^e siècle*, Rennes, PUR, 2009.

- I -

La nature comme modèle : un chemin vers l'appréhension de la complexité agricole

Michel GRIFFON

Michel Griffon est agro-économiste. Il a travaillé longtemps au CIRAD, puis à l'Agence Nationale de la Recherche. Depuis qu'il a quitté ces activités, il travaille pour l'essentiel de son temps à promouvoir un concept que l'on appelle « l'écologie intensive » et qui est complètement à l'ordre du jour de cette rencontre.

Résumé

La longue histoire technique de l'agriculture montre que les raisonnements qui ont prévalu durant toute cette période ne prenaient guère en compte les problématiques environnementales. Durant les cinq à six révolutions agricoles (en comprenant la première, celle du néolithique), les problèmes concernaient essentiellement la quantité produite. Chaque révolution a répondu à une demande : produire davantage. Aujourd'hui, il faut changer profondément de paradigme. Il faut produire plus, tout en protégeant davantage l'environnement, en prenant en compte que les surfaces ne peuvent plus augmenter, et que l'activité agricole couvre la majeure partie des surfaces utilisables. Le problème concerne toute la biosphère. Cela conduit à un changement radical d'approche : le biomimétisme ou la bio-inspiration ou encore « la nature comme modèle ». Nous devons nous appuyer sur les fonctionnalités écologiques pour produire davantage en apportant moins d'intrants et en protégeant l'environnement. Notre compréhension des processus fonctionnels du vivant associée à l'utilisation de nouveaux outils numériques devrait nous permettre de nouvelles

formes d'optimisation. En outre, une nouvelle pensée systémique devra être mise en œuvre, en sachant qu'elle n'est pas conforme à la formation académique généralement acquise. Il s'agit d'une révolution cognitive. La technologie agricole entre dans l'ère de la dynamique des systèmes et du numérique, en rupture avec la totalité des algorithmes intellectuels que nous avons utilisés jusqu'à présent et qui nous ont « gouvernés » sur une longue période. L'esprit humain, pour gérer les raisonnements correspondants, aura besoin de simulations et de simulateurs.

La longue histoire des techniques agricoles

Ce que je voudrais faire, c'est argumenter sur l'idée suivante : ce qui est en train de changer techniquement dans les agricultures contemporaines correspond à une transformation qui est profondément différente des mutations qu'ont connues les agricultures précédemment. Je vais donc faire un rappel rapide d'histoire des techniques agricoles pour, ensuite, aborder le présent.

L'histoire des techniques agricoles est très longue. C'est l'une des plus longues dans l'histoire des techniques. Elle est marquée par de nombreuses mutations dont la dernière est la révolution verte dont je reparlerai plus loin. Celle-ci atteint des limites qui sont évaluables à deux niveaux : plafonnement des rendements et effets environnementaux négatifs. Sous nos yeux commence une mutation technique radicalement nouvelle : les processus de production prennent la nature comme modèle et se fondent sur une inspiration écologique. Elle peut prendre différents termes : agriculture durable, agro-écologie ou agriculture écologiquement intensive. Pour ma part, j'ai pris cette dernière expression. Pourquoi cette évolution ? Avant d'en saisir le sens, je voudrais rappeler la liste des mutations historiques en remontant dans un temps lointain.

On peut commencer il y a environ 3,5 millions d'années, c'est-à-dire aux alentours de l'émergence du genre *Homo* (*Homo Habilis*). L'humanité d'alors vivait en Afrique en sociétés tributaires des arbres de la savane ou des bordures forestières. Elle a dû inventer la chasse

organisée avec des lances en bois ; c'est très important pour notre propos, car cela a fait disparaître une première vague de grands gibiers qui fut sans doute la première atteinte humaine à la biodiversité, donc à l'environnement. Il y a encore des populations dans le monde en Afrique de l'Est, par exemple, qui utilisent des techniques de chasse organisée de ce type.

En même temps, c'est l'invention de l'émigration, technique la plus utilisée autrefois pour faire face aux pénuries locales et qui le reste aujourd'hui massivement : un mécanisme d'accès des populations aux ressources. Cette première grande migration a conduit des populations jusqu'en Chine à l'Est et jusqu'en Europe à l'Ouest. La deuxième grande migration est réalisée par l'*Homo sapiens*. Elle a conduit les humains jusqu'en Amérique et en Australie, et a abouti à la disparition historique d'un grand nombre d'espèces alimentaires en Eurasie, en Amérique et en Océanie. L'*Homo sapiens*, auto-intitulé « ceux qui savent » a failli disparaître, avant cette grande migration, probablement vers -70 000 ans. On pense que la population est tombée à un niveau très faible, environ 13 000 à 15 000 individus (données issues d'analyses moléculaires). Les causes ne sont pas connues, mais les pénuries alimentaires sont une des hypothèses. La chasse et la cueillette pourraient ne plus avoir suffi à l'alimentation locale. Notons que des portions entières de territoire sont encore aujourd'hui sous le régime de la chasse et de la cueillette.

La dernière sortie d'Afrique aurait conduit jusqu'à l'Ouest (témoignage de la grotte Chauvet), mais également vers l'Est. Cette grande migration est intéressante sur le plan technologique, car une partie de l'humanité, après être entrée dans le « croissant fertile » (Moyen-Orient), va à nouveau vers l'Est et une autre à nouveau vers l'Ouest (-40 000 ans pour l'ouest de l'Europe, la Chine, l'Asie du Sud, l'Australie). Une partie importante reste installée dans le « croissant fertile » où, à partir de -12 000/-10 000 ans, va s'ébaucher l'agriculture avec la sélection des graines dans un contexte de réchauffement climatique (+1 °C/1 000 ans) et la domestication des animaux. Cela marque le néolithique.

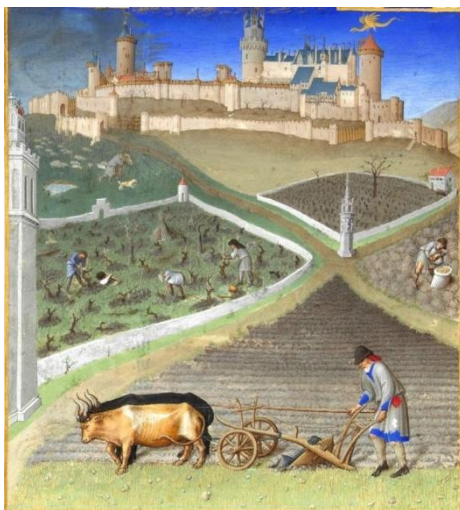
Vers -8 500 ans, l'agriculture et la domestication de plantes et/ou d'animaux sont attestées en différents lieux (Mésopotamie, Égypte, Chine, Inde et Amériques). Cette révolution agricole repose en Mésopotamie sur la culture de décrue manuelle, puis sur une maîtrise de l'eau par des digues (Jéricho) et sur la sélection des graines (seigle, blé, orge) et de l'élevage (porcs, moutons, chèvres, vaches). L'organisation de l'État apparaît (Égypte, villes de Mésopotamie, idem en Chine ou en Inde). La migration vers l'Ouest se poursuit et inaugure la destinée de l'Europe de recevoir des migrants venus de l'Est. C'est important du point de vue technologique, car c'est l'invention d'une agriculture manuelle avec le bois comme outil de base (bâton fousseur) où l'essentiel de l'amélioration végétale se fait par sélection massale des graines, semées dans un sol de décrue. La concentration de la population de l'Égypte en bordure du Nil résulte de cette possibilité de cultiver efficacement dans des zones de décrue alors que le climat s'asséchait dans les zones sylvo-pastorales voisines. Les techniques d'irrigation se sont ensuite perfectionnées, partant de la maîtrise de l'eau de décrue pour évoluer vers l'exhaure.

Une chose immensément importante du point de vue des techniques, me semble-t-il, reste le fait que les populations qui partaient du croissant fertile sont entrées en Europe par la vallée du Danube et ont été confrontées au problème de la forêt pour installer l'agriculture. La solution trouvée a été l'éradication de la forêt par le feu – agriculture dite sur abattis-brûlis –, ce qui permet d'avoir dans des clairières un sol nu pour ensemer, mais lequel sera très vite occupé par des strates herbacées (les « mauvaises herbes »). Ces dernières ne peuvent être enlevées que manuellement avec un coût énergétique de travail humain très élevé.

La révolution « antique » est un début de solution avec l'araire et la traction animale. Notons que dans certaines régions d'Asie du Sud-Est, on n'a pas fait le choix de l'éradication de la forêt, mais de sa « domestication » en substituant des arbres utiles aux arbres jugés non utiles. La révolution néolithique comme la révolution antique ont fourni les ressources permettant une expansion démographique en Orient et en Occident.

La migration vers l'Ouest a donc conduit à la déforestation danubienne qui a évolué avec la densification de la population vers la mise en place de la jachère forestière, l'invention généralisée de l'araire et de la traction animale. L'araire a pour but d'ouvrir un passage pour le semis et de favoriser ainsi un espace pour les plantes domestiquées. Mais cette nouvelle concentration de plantes cultivées et d'animaux domestiques a aussi favorisé l'avènement de maladies et de ravageurs. Par ailleurs, la répétition de l'irrigation a entraîné une salinisation des sols et la déforestation, un début d'érosion. Cela a pu déboucher sur des réductions de production et des pénuries. Ces évolutions ont pu avoir lieu non seulement au Moyen-Orient, mais aussi en Mésopotamie et en Asie.

À partir de la maîtrise du fer, la charrue remplace l'araire en bois et permet – par exemple chez les Étrusques – de mieux arracher la strate herbacée (mauvaises herbes). Il faudra attendre assez longtemps en Occident pour que se généralisent la charrue et la traction attelée lourde. Il en résultera une plus grande facilité à défricher et à étendre les surfaces cultivées, mais aussi à entraîner de l'érosion. Les très riches heures du Duc de Berry au XII^e siècle montrent un attelage très avancé, lequel permet l'usage de la charrue avec retournement du sol, donc l'arrachage des racines des herbacées après la jachère.



Or, l'araire primitif est resté très longtemps présent. Sur une peinture de labour en 1798 en

France, on voit encore une charrue primitive avec des bœufs peu puissants. Cela existe encore beaucoup dans de nombreuses parties du globe. Cela conduit à l'utilisation de contingents de forces animales importantes qu'il faut nourrir énergétiquement. Une part importante de la sole va donc être mobilisée pour nourrir les animaux, en contradiction avec la consommation humaine. En Europe, on a dû augmenter la force de traction avec des attelages de deux, quatre, six bœufs ou chevaux pour tirer une charrue. Le cheval commence à être utilisé dès le ^{xvii}^e siècle pour sa puissance de traction supérieure à celle des bœufs. Puis, apparaît la révolution fourragère des Flandres : culture des légumineuses (fixation de l'azote de l'air comme engrais gratuit) à la place de la jachère, réduction des surfaces réservées à l'alimentation animale (car les rendements sont accrus). La production alimentaire peut augmenter grâce aux surfaces libérées. Avant la fin du ^{xix}^e siècle apparaît la mécanisation pour la fauche, le battage et le travail fin du sol et la traction par les chevaux se généralise. Puis, dans les années précédant la Seconde Guerre mondiale, le pétrole se généralise et permet de substituer rapidement les tracteurs aux chevaux et de libérer massivement la sole réservée aux animaux. Cette longue histoire alterne donc les périodes de pénuries et les « réactions » technologiques, mais ce n'est pas terminé.

Une situation de crise se manifeste à nouveau au sortir de la Seconde Guerre mondiale, par la dépendance alimentaire de l'Europe et – c'est beaucoup plus grave – par l'insuffisance de nourriture en Inde et en Chine. Les rendements devenaient insuffisants. C'est alors qu'est proposée comme réponse la « révolution verte » avec les semences améliorées, l'irrigation contrôlée, les engrais puis les phytosanitaires, l'alimentation du bétail par le maïs et le soja, ainsi que la médecine vétérinaire. Cette révolution verte est d'abord la transcription en Asie de la grande transformation de l'agriculture nord-américaine. Puis, le modèle s'est développé dans le monde entier en permettant des rendements très élevés aussi bien en blé qu'en riz que dans d'autres cultures et dans l'élevage. Destinée au départ aux « petites agricultures », elle s'est déployée, grâce à la motorisation, aux très grandes exploitations comme en Amérique latine.

Quelles leçons pour aujourd'hui ?

Quelles leçons peut-on tirer de cette histoire très rapidement brossée ? On observe une succession de périodes de crise et de périodes d'abondance permise par des solutions selon deux modalités principales : les migrations vers des zones d'extension potentielle des cultures et/ou des innovations techniques majeures que l'on qualifie de révolutions. Chaque groupe d'innovations techniques permet une croissance de la population, mais après une phase d'abondance revient l'atteinte de limites « malthusiennes », ce qui provoque une nouvelle phase de crise qu'il faut dépasser. Crises, innovations, abondance relative se succèdent.

L'innovation technique a battu en brèche l'analyse malthusienne qui pose que la population croît plus vite que les moyens de subsistance entraînant des crises. Or, des situations malthusiennes épisodiques ont existé et existent encore. On a pu croire, par exemple, que la révolution verte qui a entraîné une croissance considérable des rendements était la fin de l'histoire technologique dans l'agriculture, et donc la fin des situations malthusiennes : il y aurait à manger pour tous, même pour neuf milliards d'habitants à la moitié du ^{xxi}^e siècle. Mais en 1994, coup de tonnerre, on se rend compte que, dans la vallée du Gange, on atteint un plafonnement des rendements qui est totalement en disjonction avec l'évolution de la population indienne et son changement alimentaire (croissance de la consommation de viande). Malthus reviendrait-il ?

Depuis l'origine, les choix techniques n'ont pas anticipé les effets négatifs qu'ils pourraient avoir. Le fait de resituer l'agriculture comme une modification d'écosystème est très récent. L'agriculture a donc globalement été construite en dehors de tout raisonnement écologique, même si elle a dû implicitement se conformer assez souvent à ses lois. Ainsi, la déforestation est-elle à l'origine de l'érosion et l'exploitation continue des sols a pu user leur capacité de renouvellement de la fertilité. De plus, l'agriculture a contribué fortement à la réduction de la biodiversité. Les choix techniques auraient pu « composer » avec les

écosystèmes. C'est au contraire une conception « éradicatrice » des écosystèmes pour installer de parfaits artefacts qui a prévalu.

La crise d'aujourd'hui est fondamentalement différente

La crise post-révolution verte n'est pas une crise comme les autres. Elle diffère de manière fondamentale des précédentes. D'abord, les effets externes des techniques sont de grande dimension à l'échelle de la planète : contribution nette au changement climatique, pertes de biodiversité considérables, pollutions chimiques, problèmes de sol (tassement, perte de structure, érosion, salinité), technopathies animales (notamment à cause de fortes densités et du « forçage » physiologique). Ensuite, on a pu montrer que certaines ressources s'épuisent ou ne se renouvellent pas suffisamment : eau, phosphore, énergies fossiles (mettant en cause l'avenir de la motorisation agricole et de l'apport d'engrais azotés issus de l'industrie).

Force est de constater que l'essentiel de la biosphère est désormais concerné : l'agriculture couvre la majeure partie de la biosphère potentiellement productive. La crise agricole est donc aussi une crise de la biosphère. C'est une crise systémique et globale, alors que les précédentes étaient locales ou régionales. On peut dire qu'il s'agit d'une généralisation planétaire de « la crise agricole ».

Finalement, on peut penser que certains schémas techniques hérités d'un lointain passé – car ils commencent dès le néolithique – restent opérants : sélection de la grosseur de la graine, plus généralement de la partie consommée, et hérabilité des améliorations ; continuité de la sélection massale qui mène à la sélection assistée par marqueurs et la sélection génomique ; idem pour l'eau utilisée pour résoudre des problèmes alimentaires, dont l'utilisation croissante induit un raisonnement linéaire, car « plus d'intrants » induisent plus d'extrants et ce raisonnement est encore très largement majoritaire. La pratique de la sélection et la suppression des adventices (strate herbacée) aboutissent à la notion de pureté, similaire à la notion de gain dans la pensée agronomique encore actuelle.

Il s'agit de schémas de pensée fortement ancrés. L'héritage du passé peut se voir dans la recherche systématique du rendement maximal, dans le choix de la monoculture simplificatrice, dans la non-prise en compte des externalités produites, dans la transformation des milieux (forêts, zones humides) sans égard pour les conséquences, ou dans la perspective unique de l'accroissement du potentiel de rendement par la génétique et la hausse de l'utilisation d'intrants. Cette intensification généralisée des facteurs de production (plus pour donner plus) constitue un forçage des écosystèmes actuels et produit des externalités négatives qui sont de véritables pathologies écosystémiques. Le choix de la « pureté » conduit à une lutte constante par des moyens chimiques contre les adventices, les maladies, les ravageurs, avec des effets d'externalité difficilement prévisibles mais désormais bien visibles (par exemple les différentes pollutions ci-dessus).

Sortir de la crise actuelle conduit à l'appréhension de la complexité

Nous atteignons donc de nouvelles limites. L'équation de l'agriculture pour sortir de la crise actuelle est autrement plus complexe que pour les crises antérieures. En effet, d'un côté, on est obligé de produire beaucoup plus : 60 % de croissance des besoins alimentaires est prévue en 2009 par la FAO à horizon 2030. La problématique d'ensemble peut se résumer ainsi : la population mondiale est encore en croissance ; un point d'éthique important est qu'il faut absolument la nourrir – donc il faut faire croître la production –, la nourrir le mieux possible, en évitant tous les gaspillages et en protégeant l'environnement. C'est le métier et l'éthique de l'agronome et de l'agro-économiste. Ainsi, la notion de décroissance n'intervient pas à un moment ou à un autre dans ce raisonnement. Certains parlent d'un doublement nécessaire en incluant les besoins de la chimie verte et de l'énergie issue de la biomasse. Comme il faut préserver les surfaces non cultivées (en raison de la biodiversité) et que les surfaces cultivées ne pourront donc guère croître, des hausses importantes de rendement sont nécessaires. Mais, d'un autre côté, il faut obtenir ces résultats en réduisant les pollutions et les effets négatifs sur l'environnement, en ménageant les ressources naturelles

non renouvelables concernées et en favorisant la production d'aménités (qualité de l'eau, diversité biologique, beauté des paysages...). Et tout cela, à faible coût, car il y a une réelle pauvreté, majoritairement, à l'échelle planétaire, d'un grand nombre d'agriculteurs et de consommateurs.

La traduction de cette équation peut se résumer comme suit. Produire beaucoup de production végétale, pour l'alimentation animale et humaine, et de production animale pour l'alimentation humaine. Participer à la production énergétique et de biomatériaux qui sont les nouveaux objectifs de l'agriculture liés à la disparition progressive du pétrole. L'industrie des plastiques devra trouver des manières premières (biomasse) ; de la même façon, dans les prochaines décennies, on fera appel à l'agriculture pour apporter de l'énergie, après quoi on pourra espérer trouver des sources d'énergie qui ne passeront pas par la biomasse, faute de quoi on se retrouvera face à une crise considérable de la biosphère. En effet, s'il s'agit de produire de l'alimentation humaine et animale, des biomatériaux et des biocarburants, pour plus de neuf milliards d'habitants, la biosphère de la planète n'y suffira pas.

La hausse des rendements passe par l'intensification des fonctionnements naturels des écosystèmes de production. La réduction des effets sur l'environnement passe par la réduction des pesticides et leur remplacement par l'utilisation des fonctionnalités écologiques ou l'invention de solutions biomimétiques ou bio-inspirées. Il y a un sentiment de basculement des schémas technologiques antérieurs, car ils sont remis en cause, fondamentalement. Les nouvelles conceptions sont construites sur le principe que la nature, c'est-à-dire ici la biologie et l'écologie, peut constituer la base d'un modèle de raisonnement nouveau pour la production et la productivité.

D'abord, cela suppose que l'on considère que la production agricole n'est plus un processus linéaire, reliant intrant à extrant, comme le serait une usine, mais un écosystème et il faudrait désormais savoir mieux représenter un écosystème productif dans sa complexité. Les nouveaux modes de représentation passent généralement par l'utilisation du terme

fonctionnalité. Une fonctionnalité est un ensemble de relations fonctionnelles qui peut être utilisé à des fins d'amplification, par exemple : la photosynthèse, la relation proie-prédateur, hôte-parasite, l'absorption racinaire, la compétition des adventices, les circuits hydriques, la structuration du sol, la minéralisation, la consommation par les ravageurs, la fertilité minérale, etc. On a identifié plusieurs dizaines de fonctionnalités que l'on va chercher à intensifier, chose qui a été rarement faite, et obtenir des meilleurs rendements fonctionnels. Il va falloir utiliser la biodiversité comme force productive et pas uniquement comme nécessité éthique et biologique pour l'avenir de la planète. Il faudra utiliser toute cette bio-inspiration comme moyen d'exprimer cette nouvelle orientation qui est « la nature comme modèle ».

Un écosystème de production est fait de multiples fonctionnalités



Il s'agit aussi d'une révolution cognitive

Un mot sur les relations entre complexité et fonctionnalités. Il s'agit d'accroître la biodiversité de l'écosystème cultivé, ce qui signifie plus d'espèces et de variétés, plus d'habitats pour les auxiliaires (ennemis des ravageurs) et plus d'auxiliaires eux-mêmes, donc plus d'émergence de fonctionnalités complexes. Les systèmes trophiques seront construits sur une combinaison d'auxiliaires, sur les complémentarités qui en résultent et sur les services écologiques. Parmi ces derniers, on peut prendre comme exemple les circuits de l'eau dans un bassin-versant, en prévoyant des lieux de stockage, pour l'amplification générale de l'apport hydrique du bassin-versant. Cette complexité améliore les effets tampon et améliore

la résilience, c'est-à-dire la résistance générale aux chocs. La biodiversité devient donc une force productive. L'économie de matière et d'énergie fait partie du tableau. Dans un système naturel, toute matière et toute énergie disponible sont utilisées par optimisation néguentropique, une des grandes lois de la thermodynamique dans le vivant. Les écosystèmes naturels peuvent dès lors être considérés comme des sources d'inspiration, sortes « d'inventions naturelles », utilisables pour de nouvelles techniques de production.

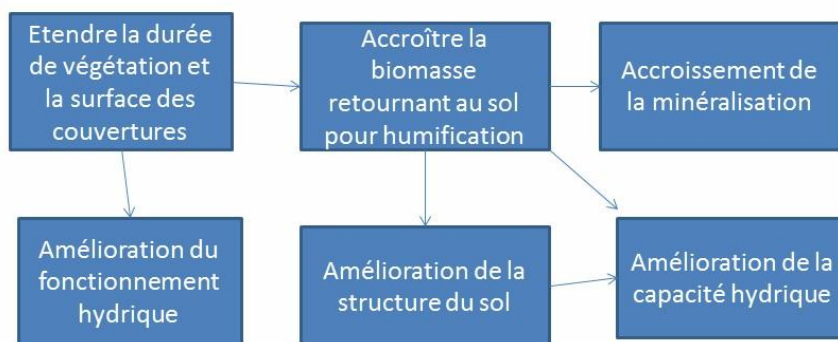
Un aspect important de cette nouvelle technologie est la relation entre précision des techniques et hétérogénéité des écosystèmes. À partir du moment où on a une vision écologique d'un système productif, on prend conscience de son extraordinaire hétérogénéité : un sol d'une même parcelle peut avoir de grandes variations ; un troupeau est très divers. Or, l'hétérogénéité soumise à un traitement uniforme aboutit à une situation, à la fois, de gaspillage par traitement local excessif et de manque, par insuffisance locale de traitement. Tout traitement uniforme sur un ensemble d'objets hétérogènes entraîne à la fois des excès et des manques.

L'innovation technique numérique devrait pouvoir conduire à la précision écologique et résoudre ce problème, avec comme conséquence immédiate une amélioration des rendements biologiques. Nous avons désormais de nombreuses innovations qui vont dans ce sens. Par exemple, l'hétérogénéité d'une parcelle d'herbe en Irlande montre que l'on gagne entre 20 % et 30 % de productivité en prenant en compte les différentiels de croissance d'une prairie dans une parcelle donnée : enregistrement par capteur-drone, interprétation par logiciel, action d'adaptation robotisée (modification des traitements avec appui GPS). On obtient ainsi plus de rendements avec moins d'intrants sans pour autant pénaliser l'environnement.

En élevage bovin, on va vers une adaptation de traitement à chaque animal. Chaque animal est une spécificité et traiter l'animal, en moyenne dans un troupeau, c'est favoriser certains à l'excès, ce qui peut être négatif, et défavoriser d'autres, ce qui est toujours négatif. Donc le

numérique est une technologie qui, dans ses applications, converge avec l'écologique. Enfin, la bio-inspiration dont nous avons déjà parlé constitue une base de la nouvelle technologie. C'est – en généralisant – l'utilisation des processus vivants comme source d'inspiration pour des processus synthétiques nouveaux : par exemple, les stimulateurs de croissance des plantes inspirés de stimulateurs naturels ou la stimulation des défenses naturelles des plantes par imitation de molécules naturelles. On s'est rendu compte, il y a une dizaine d'années, que, dans l'histoire de la vie, si les plantes n'avaient pas eu de mécanismes de défense, c'est-à-dire la production de toxines contre ceux qui les dévorent, les plantes auraient toutes disparu et ceux qui les dévorent aussi. Il y a ainsi une ressource génétique considérable, concernant les mécanismes de défense naturelle que l'on va pouvoir utiliser soit naturellement, soit en produisant ces toxines par la voie chimique, ou en produisant par voie de biosynthèse les « molécules signal » qui alertent les plantes pour qu'elles mettent en place leurs mécanismes de défense naturelle précocement. Tout cela est inscrit dans le génome. Le génome et son utilisation devraient donc avoir une place de plus en plus importante dans les inventions futures.

Valoriser les synergies entre fonctionnalités: cohérence



Mais tout le monde n'a pas les raisonnements qui correspondent à cette nouvelle approche. De plus, il y a des formes différentes de pensée systémique. Tout le monde n'a pas les formes de raisonnement nécessaires pour aboutir à des innovations. Nous avons été « câblés », culturellement et historiquement dans les systèmes éducatifs, notamment dans

les formations industrielles et agricoles et, plus généralement, dans les cursus scientifiques et techniques, à raisonner selon des schémas de causalité simples et rarement avec l'intégration de la complexité qui pose des problèmes spécifiques.

La variété des représentations de la dynamique des systèmes et les paradigmes correspondants est un sujet peu travaillé. C'est un sujet qui m'a passionné et sur lequel j'ai essayé sans succès d'attirer des mathématiciens. Il y a plusieurs paradigmes différents de représentation des systèmes qui induisent des concepts et actions différents. Le recours à ces différentes formes pour différents objectifs constitue encore une difficulté que nous aurons à résoudre à partir du moment où nous faisons de l'écologie la force inspiratrice et productrice pour l'agriculture. Donnons quelques exemples des paradigmes de représentation : le paradigme hydraulique, ce que les ingénieurs hydrauliciens ont en tête, représente la gestion de flux incompressibles, ce qui est bien différent du paradigme financier dans lequel l'argent a une valeur d'actualisation. Pour ce qui nous concerne, c'est-à-dire l'approche systémique, il y a le paradigme stochastique, le paradigme statistique, le chaos déterministe et les systèmes d'équations. La « dynamique industrielle » de Forster, qui a eu une forte influence dans l'après-guerre, est un autre paradigme... Il y en a bien d'autres.

Une des propriétés de ces systèmes reste le fait qu'ils débouchent souvent sur la notion d'équilibre général, lequel n'existe ni dans la nature, ni dans l'économie réelle. C'est plutôt un déséquilibre général qui règne et qui reste tenu dans des limites. Mais cette idée qu'il y aurait une évolution constante, isomorphe, des systèmes est une idée de théoricien qui n'a rien à voir avec l'écologie. On raisonne à structure constante où, de plus, l'équilibre général est la forme vers laquelle on converge en permanence après fluctuation. Il existe, en effet, des équilibres instables, oscillatoires, voire des déséquilibres généraux. Plus encore, la structure elle-même est instable. On a affaire souvent à des mécanismes de dégradation qui sont des mécanismes dominants de la biosphère et il faut inventer des solutions à partir de

l'autopoïèse, c'est-à-dire la capacité des systèmes à faire émerger des nouvelles propriétés pour éviter la dégradation. Il nous faut donc faire émerger l'aggradation, l'inverse de la dégradation et voir comment on peut faire marcher « en sens inverse » les processus de dégradation. Ce ne seront d'ailleurs pas des strictes inversions de ce qui existe. Mais à la lumière de l'écologie, ce sera de faire des systèmes synthétiques reconstituant des fonctionnalités et aménités utiles qu'on peut trouver dans la nature et les utiliser.

Conclusion

En effet, la technologie agricole entre dans l'ère de la dynamique des systèmes et du numérique, en rupture avec la totalité des algorithmes intellectuels que nous avons utilisés jusqu'à présent et qui nous ont « gouvernés » sur une longue période. L'esprit humain pour gérer les raisonnements correspondants aura besoin, certes, d'essais et d'ajustements, mais aussi de simulations et de simulateurs. Notre capacité cérébrale de représenter les fonctionnalités simultanément reste inférieure à celle des ordinateurs. On commence à voir apparaître sur le marché les premiers simulateurs complexes, même s'ils ne sont pas si complexes, mais cela va évoluer rapidement.

- II -

Le semis direct sous couvert végétal : une approche agricole systémique

Alfred GÄSSLER

Alfred Gässler est un agriculteur allemand, arrivé en France en 1987. Il achète une ferme de 140 hectares dans le sud de la Picardie et y pratique le labour. Dès 1990, il tente une autre approche et essaie une forme de TCS (Technique Culturelle Simplifiée) avec couvert végétal. Après neuf ans et de nombreux essais, il est arrivé au semis direct sous couvert végétal avec utilisation de nouveaux types de semoirs.

Résumé

Le semis direct sous couvert végétal est bien plus qu'une méthode de semis, c'est un nouveau système cultural qui évite le travail mécanique du sol. Tout ce qui est mécanique est remplacé par des plantes. Ce changement global de système implique des cultures intermédiaires, des doubles cultures, des rotations nouvelles, de nouvelles espèces et variétés dans les rotations. Il permet, une fois installé, de réduire très fortement la consommation de gazole utilisé pour les activités mécaniques, l'utilisation des phytosanitaires et les apports d'azote. Par ailleurs, le rendement global est largement augmenté. Il protège le sol qui n'est plus soumis à érosion et provoque, dans la durée, une augmentation de la teneur en matière organique du sol. Le transfert dans les eaux des nitrates, phosphates et produits phytosanitaires est très fortement diminué. Comme c'est un

système complet de culture, la comparaison avec un système cultural classique comportant du labour ne peut être réalisée que globalement. Ce nouveau système cultural, quoiqu'en développement, manque de recherche et de soutien technique institutionnel adapté. Il se développe selon une approche empirique à partir d'associations et d'échanges entre agriculteurs impliqués.

Expérience du semis direct

En 1990, il est très peu connu en France. J'ai découvert rapidement que si le couvert est bien développé, on atteint vite les limites des TCS (Techniques Culturelles Simplifiées). Le matériel de semis n'est pas adapté et les semoirs du TCS ne permettent pas de semer dans un sol non travaillé avec des couverts bien développés. Trop de graines restent en surface et sont mangées par les limaces avant germination, ce qui entraîne des problèmes de rendement et donc de revenus. Il s'avère que semer dans la paille, par exemple, pose de nombreux problèmes techniques. La paille est dure, et si le sol est peu travaillé, un semoir classique ne peut installer correctement les graines (le volume et la masse de végétation empêchent le semoir du TCS de semer correctement). Comment arrêter les couverts, tout en gardant un sol qui fonctionne sans travail approfondi ? Si on a besoin du couvert pour structurer le sol, sans avoir le matériel pour semer dans ces conditions, n'est-ce pas l'indication qu'il faut changer le matériel de semis ? Le couvert végétal implique un nouveau type de semis.

J'ai passé des nuits blanches à y réfléchir et à chercher la bibliographie. Comment semer et gérer la production derrière un couvert ? Le semis direct sous couvert végétal (SDCV) était surtout développé en Amérique du Sud. La rencontre de Lucien Seguy, chercheur au CIRAD, qui a beaucoup travaillé sur le SDCV au Brésil, m'a été précieuse. Il m'a beaucoup aidé à progresser dans la réflexion sur le système SDCV. C'est en 1999 que je suis passé entièrement au semis direct sous couvert végétal. Mais ce changement n'est pas lié à un

nouveau semoir. C'est un tout nouveau système intégré, difficile à appréhender *a priori*. J'ai beaucoup tâtonné. Au début, j'ai travaillé avec une autre personne pour les importations des semoirs d'origine brésilienne de la marque Semeato. À partir de 2002, j'ai signé un contrat d'importation exclusive, directement avec Semeato Brésil, pour la vente des semoirs en France. J'ai développé la vente de ces semoirs sur tout le territoire français, ainsi que le conseil et la formation pour la mise en place de ce type de système jusqu'en 2013. Dans ce cadre, j'ai également organisé des voyages d'études au Brésil.

En 2013, New Holland a repris la vente des semoirs Semeato pour la France. Dans ce contexte, il a fallu changer de contrat. J'ai signé un contrat avec New Holland pour le conseil en agronomie et l'utilisation des semoirs New Holland. Je suis aussi membre actif de l'IAD⁹ et de l'APAD¹⁰ pour faire avancer ce nouveau système de culture.

Pour ce qui concerne la relation au travail du sol, on peut regrouper l'ensemble des techniques en trois grandes familles :

1) Le labour classique avec retournement du sol (à différentes profondeurs). Cela conduit à une perte de matière organique, moins de portance, des mécanismes d'érosion, des problèmes de battance (selon le sol) et le transfert des nitrates et phytosanitaires dans l'eau d'infiltration ou d'écoulement. Enfin, l'expérience montre que, malgré un travail du sol extrêmement intensif pendant dix ans, il reste des problèmes de désherbage non résolus.

2) Le TCS (Technique Culturelle Simplifiée) dont le premier but est d'économiser l'énergie d'environ 30 % (données réelles). Il n'y a plus de retournement par la charrue et, en conséquence, moins de puissance nécessaire pour le tracteur et moins de consommation de gazole. Le sol reste non stabilisé, car il n'est pas constamment couvert. Il y a peut-être un peu moins d'érosion, mais pour le reste, ce n'est guère différent.

3) Le système intégral de semis direct sous couvert végétal (SDCV). Tout ce qui est

⁹ Institut de l'Agriculture Durable.

¹⁰ Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable.

mécanique est remplacé par des plantes. C'est un changement global de système. Il implique des cultures intermédiaires, des doubles cultures, des rotations nouvelles et variées, souvent plus longues, plus complexes et de nouvelles espèces et variétés dans les rotations.

On peut difficilement comparer ce dernier aux deux autres, car toute la logique est différente. Les plates-formes de comparaison en France risquent de ne rien donner. En effet, les interventions sont déclenchées par des indicateurs différents : la comparaison ne peut pas se faire étape par étape. De plus, le spécialiste du labour ne saura pas conduire le sans-labour. Il perd ses références et agit mal dans ce contexte, ce qui peut le conduire à des comparaisons dénuées de sens. Il faut penser le système dans sa globalité et dans la durée.

La plupart des problèmes de nitrates, de phosphates ou de phytosanitaires dans l'eau d'écoulement, ou même d'érosion sont directement liés au travail du sol. Pour arrêter érosion et migration des composés solubles, il faut donc arrêter le travail du sol, car celui-ci a pour conséquence de détruire son organisation liée au monde vivant qui le structure (racines des plantes, micro-organismes, petits arthropodes, petits mollusques, annélides...).

Les essais réalisés sur microparcelles en condition de laboratoire simulant une pluie régulière d'intensité moyenne montrent que, lorsque le sol est travaillé, non seulement l'eau pluviale est moins retenue, mais le sol lui-même et ses minéraux sont moins retenus et partent avec l'eau. Les TCS donnent des résultats légèrement meilleurs. En revanche, la différence avec le SDCV est spectaculaire. Non seulement, il coule trois fois moins d'eau, mais elle est transparente, le sol n'est pas transporté. Ces essais, faciles à réaliser, permettent de comprendre les estimations réalisées à l'échelle planétaire. Une compilation réalisée au niveau mondial conduit à une estimation de l'ordre de 24 milliards de tonnes de perte de sol par an, la majorité pouvant être imputée au travail du sol, et dont la valeur a été

évaluée à plus de 400 milliards d'euros/an¹¹.

Comment remplacer le travail mécanique du sol?



En quoi consiste le SDCV ? On place une graine dans un sol non travaillé et couvert de végétaux. Cela exige un système permettant de déposer la semence dans la terre en traversant la couche végétale. On place chaque graine avec une dent spécifique ou avec des disques, individuellement, dans un sol non travaillé depuis la dernière culture principale. Il faut certes changer de semoir, mais il faut également changer complètement la façon de faire. C'est un système cultural en lui-même. C'est difficile à comprendre, car il faut modifier sa façon de penser : nouvelles rotations, nouvelles conditions de culture, nouvelles cultures. Visuellement, c'est un « choc culturel ». Le semis a lieu dans un champ couvert de plantes, ce qui paraît contradictoire avec une bonne levée de germination.

Il faut donc une couverture par des mélanges d'espèces et de variétés choisies. Le travail mécanique est supprimé, mais il est remplacé par une couverture du sol avec des plantes aux racines vivantes. La plupart des difficultés sont « dans la tête » et non dans la culture : qu'est-ce que je veux faire ou ne pas faire quand les schémas sont déjà tout construits sur la base de référents qui disparaissent totalement (préparation du sol, semis, rouleau...). Il faut d'abord décompacter le cerveau et non le sol, et comprendre la nécessité de successions de

¹¹ Présentation faite par l'IASS – Institute for advanced sustainability studies e.v. – Postdam. Présentation Youtube : Let's Talk About Soil – French - <https://www.youtube.com/watch?v=lq8QyuTXyDA>.

plantes nouvelles, entre autres contre les adventices. « *La difficulté n'est pas de comprendre les idées nouvelles, mais d'échapper aux idées anciennes* » (John MAYNARD KEYNES). Il faut surmonter les préjugés acquis par des années de pratiques anciennes.



Peut-on être agriculteur sans travailler mécaniquement le sol ? Ce n'est pas une question technique, puisque l'expérience montre que cela se fait, techniquement, sans difficulté particulière, à condition de réfléchir en fonction de la situation. C'est une difficulté culturelle. Il s'agit finalement d'une question d'identité professionnelle. Mais la réponse est fermement : « *Oui !* » On peut rester agriculteur, vendre sa charrue et ne plus travailler le sol mécaniquement. On s'appuie sur un travail qui est réalisé par le vivant : les plantes, les micro-organismes, etc.

Les avantages économiques du semis direct

1) Le coût du désherbage est inférieur. On peut se permettre, dans certaines conditions, de ne pas du tout désherber. Paradoxalement, le travail du sol provoque des levées de plantes non souhaitées, ce que le sol couvert inhibe. Il est ainsi possible d'installer un couvert végétal qui ne soit pas en concurrence avec la germination des graines semées. Cela fait partie du choix systémique : trouver des couverts végétaux divers, adaptés à chaque situation, en fonction de chaque culture principale.

2) Le coût énergétique est moindre. La diminution de consommation de gazole peut

dépasser les deux tiers. Pour un référent classique de 100 l/ha de gazole en labour, cas d'une consommation annuelle pour une parcelle de blé, on descend à 70 l/ha en TCS et 30 l/ha en SDCV. Mais il ne faut pas oublier qu'au coût strictement énergétique doivent être ajoutés tous les coûts afférents à l'usure/amortissement du matériel, le temps passé, etc. Il faut aussi ajouter, en fonction des choix de rotations, d'intercultures et de doubles cultures, la baisse du coût en intrants azotés qui participe largement au coût énergétique global.

3) Moins de passages agronomiques, plus du tout de problème de battance – dans les sols qui ont des problèmes de battance – qui empêche la levée, moins de problèmes d'enherbement, l'augmentation progressive de la teneur en matière organique (en 1987 : 1,1 % ; en 2014 : 2,5-2,6 %), soit quelques dizaines de tonnes de matières organiques par hectare en une quinzaine d'années. Ceci signifie une fixation du carbone importante et des rendements supérieurs grâce à un meilleur fonctionnement de la vie organique du sol.

Pour une ferme de 100 hectares en grandes cultures, cela conduit à baisser les coûts d'environ 500 à 600 €/ha, signifiant qu'une baisse de rendement jusqu'à 24 qtx/ha serait supportable financièrement parlant (base blé) dans le tiers nord de la France, pour celui qui commence le SDCV. Ou, dans l'autre sens, celui qui laboure doit produire 24 qtx/ha de plus pour avoir une marge identique. Pour percevoir directement l'effet, il faut visualiser que pour 100 hectares, il faut produire 10 semi-remorques de 24 tonnes de plus pour gagner autant.

Autrement dit, celui qui commence du semis direct, tant qu'il ne baisse pas de 24 qtx/ha, n'est pas perdant sur le plan économique. Pourtant en SDCV, quand le système est installé, il devrait produire, on le sait d'expérience, en moyenne 13 qtx/ha de plus. Mais attention, cela ne s'obtient pas la première année. Il faut que le système soit stabilisé, ce qui demande un certain nombre d'années.

Les effets sur l'environnement

Le sol est plus aéré. L'oxygène pénètre facilement. Cela favorise la vie aérobie du sol, microbienne ou autre. La structuration par les racines des plantes remplace le travail du sol.

La microflore est plus riche, plus variée et peut « nourrir » les plantes. Les vers de terre, plus nombreux, accentuent l'aération. Le sol fonctionnant mieux, il y a moins besoin d'intrants.

On peut user d'une métaphore : « *Ce ne sont pas les outils, les instruments, les ustensiles qui nourrissent – ni l'homme, ni le sol –, ce sont les aliments. La charrue ne nourrit pas plus le sol que les assiettes et couverts ne nourrissent l'homme...* » Le sol est autant nourri par les plantes du couvert permanent que par les plantes productives. Il faut éliminer la mécanique et la remplacer par des plantes qui doivent être choisies avec précaution.

Certains problèmes restent néanmoins à résoudre. En particulier, nous avons des problèmes de limaces et de mulots. Nous avons besoin de recherches sur ces sujets. Mais pour le moment, il n'y a ni recherche, ni développement. Quelles parades peuvent être mises en place ?

L'utilisation du glyphosate est aujourd'hui en débat. Le SDCV est plus difficile sans glyphosate, ou tout autre herbicide foliaire universel, mais possible. Nous avons un problème d'opinion publique sur le glyphosate, qui vient d'être amplifié par la décision de la *Food and Drug Administration* de reclassifier le glyphosate. Mais il faut considérer qu'en absence d'érosion, et en présence de plus de matière organique dans les sols, il y a bien moins de glyphosate dans l'eau, et qu'il est possible d'optimiser l'usage du glyphosate. C'est vrai de tous les intrants.

Le glyphosate est un moyen de production pour gérer les adventices, qui est efficace et pas trop cher, quand il est utilisé correctement. Nous n'avons pas besoin, à ce stade, des plantes OGM pour faire une agriculture durable et productive. Sans OGM, l'utilisation de glyphosate est limitée à des doses d'environ 2-3 l/ha/an (concentration commerciale). Avec des OGM résistants au glyphosate, l'utilisation de glyphosate augmente à des doses de 8-10 l/ha. Avec cette dose élevée, il est possible – même si cela reste à prouver – que la biologie du sol s'effondre plus ou moins. Pour cette raison, lors de mes formations pour les agriculteurs, j'insiste très fortement sur la maîtrise de l'utilisation de tout produit phytosanitaire (à bas ou

ultra-bas volume). Il est très important que les agriculteurs utilisent le moins de produits phytosanitaires possible sans nuire pour autant à la production. Et cela est possible grâce au SDCV et devrait pouvoir sans cesse être amélioré.

Nous manquons de connaissances générales sur le fonctionnement du sol. Le sol reste une « boîte noire ». On connaît tout juste quelques pourcents de la vie dans le sol. Comment déplacer les populations microbiennes ? Quelles sont les meilleures plantes pour le couvrir ? Nous ne pouvons pas prendre modèle sur les plantes d'Amérique du Sud qui sont, comme le climat et les sols, très différentes. Mais la recherche académique sur ce sujet est encore inexistante en France.

Le cycle de l'azote est insuffisamment connu, surtout dans un sol doté d'une riche vie microbienne. Et que dire des résidus qui restent à la surface ? Comment évoluent-ils ? Comment se dégradent-ils ? Comment se comporte le carbone stocké ?

On a besoin de beaucoup d'aide. Recherches, essais techniques doivent être réalisés avec ceux qui détiennent désormais le savoir-faire dans le SDCV, et non uniquement par des spécialistes du labour qui découvrent le SDCV. Il faut donc une collaboration étroite entre les chercheurs, les ingénieurs et les agriculteurs qui pratiquent le SDCV.

Freins et limites au développement du SDCV

Il y a encore trop d'*a priori*, souvent culturels, mais aussi techniques. Il y a une insuffisance manifeste de communication et de vulgarisation. Le SDCV est encore trop peu connu. Il peut même y avoir une pression négative des Organismes Stockeurs qui ont peur qu'il y ait plus de maladies par le SDCV...

Cela conduit souvent à une mauvaise analyse des échecs, erreurs, ou des manques de réussite. À cause de la méconnaissance en SDCV, tout problème, tout échec, sera imputé au SDCV. En labour, ce sera imputé à un mauvais travail ou à la malchance (climat...). Or techniquement, le SDCV, dans le contexte culturel et technique actuel, est beaucoup plus

difficile. Il faut une réflexion permanente et agir avec précision et parcimonie.

Nous manquons de références dans les conditions tempérées (européennes). Le soutien technique institutionnel et industriel est quasi absent. Il faut même importer les semoirs d'Amérique du Sud. La situation change, certes, mais très lentement.

Quand un agriculteur commence le semis direct, il doit tenir compte d'une assez longue période de transition pour le sol. Mais il ne faut pas sous-estimer la période de transition dont a besoin l'agriculteur lui-même (« déformation » intellectuelle) pour penser différemment et se construire de nouvelles références. L'effet du changement visuel de la surface des parcelles (confronté au mythe de la germination en terre nue) est toujours un choc pour la représentation que tout agriculteur se fait du « travail bien fait ». De plus, il a besoin d'un certain temps, difficile à estimer. On n'a pas d'outil pour estimer ce temps nécessaire et cela peut dépendre du passé de la parcelle. Cela peut aller plus ou moins vite, selon l'application concrète du système et les choix de cultures, pour obtenir un sol actif et équilibré. Face à cette situation, l'agriculteur doit rester patient, malgré ses inquiétudes et ses doutes, et garder le cap.

Il manque l'information et la formation en direction des agriculteurs, car encore aujourd'hui, les agriculteurs compétents pour enseigner le SDCV sont peu nombreux et souvent peu disponibles. Il faut des formations de groupe, des formations individuelles, des suivis de fermes en groupe. La maîtrise du SDCV demande du temps et un savoir-faire technique important. Les connaissances scientifiques associées sont lacunaires et progressent très lentement.

Quelques cultures spécialisées restent encore difficiles : par exemple certains légumes comme les épinards, mais la solution peut se trouver dans la technique de récolte. Parmi les grandes cultures, la pomme de terre reste encore impossible.

Quelques choix techniques spécifiques au SDCV

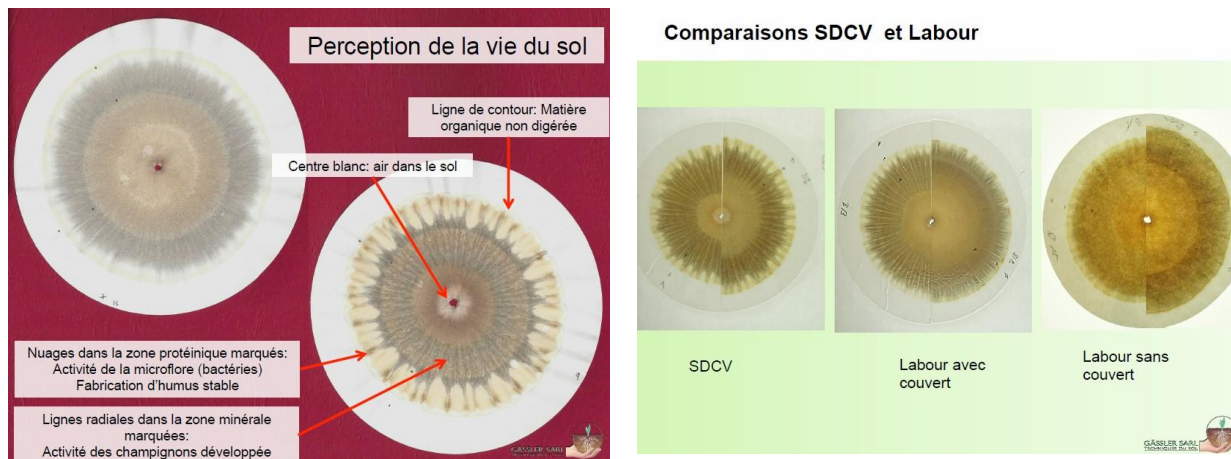
Le couvert végétal doit être un mélange d'espèces : de huit à douze espèces – il y a moins de risques avec plus d'espèces, mais cela peut dépendre des sols, des choix de production, etc. Les critères sont actuellement empiriques. La recherche théorique est très en retard. Si une espèce au moins est une légumineuse, cela permet un apport d'azote minéral par fixation symbiotique de l'azote de l'air. L'empirisme se justifie par le fait que des essais systématiques permettant de valider la meilleure combinaison d'une dizaine d'espèces n'ont pas été faits et demanderaient un très long travail et des outils conceptuels (statistiques, plans d'expérience) que les agriculteurs n'ont pas.

L'analyse chimique des sols est faite pour corriger les déséquilibres détectés, en nourrissant le sol et non la plante. Elle s'appuie sur les travaux de Neal Kinsey et d'Alain Albrecht qui ont déjà plus de quarante ans. Cette analyse des sols est différente des analyses de sol en Europe qui sont généralement pensées pour l'apport direct aux plantes. Cette façon de penser demande, là encore, un changement d'approche qui n'est pas entré dans les préoccupations dominantes des instituts techniques. Ce ne sont pas les mêmes analyses à faire, ni les mêmes interprétations à déduire, pour suivre l'évolution du sol quand tout est centré sur l'activité du sol, plus que sur les besoins des plantes dans des conditions qui ressemblent, finalement, à une logique de culture hors-sol.

Les analyses biologiques du sol s'appuient sur la méthode chromatographique d'Ehrenfried Pfeiffer. On peut trouver les pratiques associées sur le site de « *Landmanagement* »¹². La méthode de Pfeiffer date déjà de plus de quarante ans. Il s'agit d'interprétations de formes qui apparaissent sur la chromatographie, fondée sur une approche empirique construite par comparaison des chromatographies des sols avec ce qui était initialement connu concernant la qualité d'un sol. Les techniques d'échantillonnage sont classiques et suivent les règles connues : comme pour des analyses chimiques, plusieurs endroits homogènes dans la parcelle sont mélangés pour faire une analyse, mais sans mélange des différents

¹² <http://www.landmanagement.net>.

horizons/profondeurs. Pour chaque lieu, différentes profondeurs sont choisies, par tranches de 10 cm. L'approche est à la fois technique, empirique et qualitative. Elle s'appuie sur des résultats provenant du champ et des résultats économiques. Elle a pour le moment peu de fondements strictement scientifiques, et peu d'études scientifiques la concernant. Il s'agit d'établir une corrélation entre des formes (chromatographie) et des données du sol (oxygénation, activité microbiologique). Il est très facile de différencier par cet outil un sol en SDCV et un sol labouré. On peut aussi comparer l'effet des composts apportés. On peut voir l'effet sur la chromatographie d'une flore trop anaérobie. Les composts réalisés à grande échelle peuvent provoquer la prolifération de bactéries anaérobies ce qui n'est pas favorable au développement d'un sol agricole.



Les choix techniques du SDCV sont donc fondés sur des pratiques qui ne sont pas encore l'objet d'investigations scientifiques d'une large communauté de chercheurs et ce, malgré une évolution lente mais favorable. Ceci peut être décrit comme une raison importante expliquant les freins actuels au développement du SDCV.

- III -

Le déploiement des nouvelles techniques sur l'exploitation agricole

Michel LUCAS

Michel Lucas est agriculteur en Vendée, plus précisément producteur de lait. Son exploitation dispose d'environ 163 hectares de surface agricole productive. La structure est familiale et comporte cinq actifs, cinq associés. La structure juridique est un GAEC. Il travaille avec son épouse, Françoise, ses deux enfants, Julien et Jean-Baptiste et un cousin, Alain. Sur cette ferme, ils ont mis en place des pratiques, des techniques et une organisation pour assurer un revenu à tous, pérenniser autant que possible la structure et avoir des conditions de vie qui soient adaptées au monde d'aujourd'hui.

Résumé

En trente ans, M. Lucas a développé une exploitation agricole laitière familiale de cinq actifs qui sur 163 hectares, dispose d'un troupeau de 145 vaches laitières qui produisent plus de 1 500 000 litres de lait. Parallèlement, la ferme produit des céréales, de l'énergie électrique d'origine photovoltaïque et va bientôt produire du biogaz par méthanisation. Après avoir installé drainage et irrigation, à l'aube des années 2000, il prend la décision d'une orientation générale de la production végétale dans le cadre du système du semis direct sous couvert végétal. Cela conduit à des rotations longues et complexes, avec de nombreuses productions intermédiaires qui sont utilisées pour l'alimentation du bétail et qui fournissent de l'azote utilisable. Le sol, toujours couvert, porte des cultures intermédiaires qui peuvent devenir des doubles cultures. Le surplus de production, entre autres en luzerne, demande

des outils de séchage qui seront alimentés par le méthaniseur. Les quatre principaux ateliers de production sont en interaction avec le recyclage des coproductions. La quantité d'intrants totale est diminuée de plus des deux tiers pour un accroissement d'environ 30 % des exportations.

Brève description de l'exploitation agricole

Le cœur de notre métier reste la production laitière. Aujourd'hui, après la fin des quotas, notre production est d'environ 1 500 000 litres de lait avec un troupeau laitier de 145 vaches et le cheptel d'élevage correspondant (des vaches allaitantes). Pour alimenter ce troupeau, la surface fourragère est répartie en 49 hectares de prairies, 63 hectares de maïs, fourrage et 22 hectares de luzerne. Une trentaine d'hectares est orientée en cultures de vente. Environ un tiers de la production de maïs part finalement aussi en vente de grains. La culture de la luzerne conduit à des semis un peu plus complexes, mais le premier but était d'obtenir une production de protéines sur l'exploitation.

Parallèlement à cette production végétale, nous avons aussi mis en place une production d'énergie renouvelable à partir des surfaces de panneaux solaires voltaïques qui couvrent nos toits. La puissance installée atteint 290 kW, pour une surface d'environ 2 200 m², appartenant en propre au GAEC. Nous avons aussi des investisseurs présents sur une surface de 1 500 m². Un méthaniseur est en construction, d'une puissance de 195 kW. Il démarrera vers fin octobre, début novembre 2015.

Historique

Lorsque je me suis installé sur cette exploitation du bocage vendéen, en 1985, c'était une petite propriété familiale de 16 ha. Il y avait des bâtiments un peu en ruine, une maison qui servait de stockage de bois, une production de 140 000 litres de lait en prêts de quota. J'étais décidé à tenter l'aventure. La passion du métier d'agriculteur était là. En 1987, je me

suis associé avec un frère, Louis-Marie. La surface passant à 50 hectares, la production a atteint 286 000 litres et nous avons continué à développer l'exploitation. Nous recherchions plus de performance et la possibilité d'assurer des revenus stables. Nous avons démarré une production de lapins. À l'époque, cela rémunérait très bien la main-d'œuvre. La production a pu croître jusqu'en 2000. Mais nous avons dû faire face à des changements importants qui nous ont conduits à prendre en conséquence des décisions techniques nouvelles. Nous avons pu reprendre 30 hectares, ce qui nous a conduits à développer l'exploitation en mettant en place drainage et irrigation pour augmenter la performance de notre système et continuer à développer la production laitière (320 000 litres en 1996). Nous organisons notre activité afin d'avoir un équilibre entre vie professionnelle, vie familiale et vie sociale. Louis-Marie prenait des congés comme tout le monde. Nous avons nos cinq semaines et nos week-ends. C'est durant ses vacances au ski en 1998 qu'il a rencontré sa future épouse, avec comme conséquence son départ de l'exploitation en dix jours. Il a fallu repenser l'organisation sans perdre notre qualité de vie à laquelle nous tenions... L'exploitation agricole n'est pas une machine facile à modifier. L'échelle du temps ne permet pas des réactions rapides. Et c'est là qu'arrive Alain, notre cousin et voisin, à l'aube des années 2000. Nous nous sommes regroupés. Il apportait 60 ha. Avec une surface un peu plus importante (140 ha), nous avons poursuivi l'installation du drainage et de l'irrigation, arrêté la cuniculture en 2000, mis en place le semis direct et orienté toute l'exploitation vers la production de lait.

Nous avons tous un formatage intellectuel de départ semblable avec notre formation agricole de techniciens. Nous avons des démarches « préformatées » qu'il a fallu justement remettre en cause, ainsi que nous l'ont montré Michel Griffon et Alfred Gässler. Il fallait revoir nos pratiques, « décompacter » les schémas que nous avons en tête. Nous avons commencé à rechercher dans d'autres directions. À partir des années 2000, nous avons commencé les premiers essais concernant la partie en semis direct, avec les avantages, mais aussi avec les déboires résultant du manque de connaissances et d'accompagnement

de scientifiques, d'ingénieurs, de conseillers connaissant cette approche. Nous avons eu besoin de dix ans, entre 2000 et 2010, pour acquérir la maîtrise du semis direct et, en même temps, augmenter la performance du système. Nous avons des associés : nos enfants qui sont allés travailler dans des organismes extérieurs et, en même temps, à l'étranger. Ils ont frappé à la porte en disant qu'ils souhaitaient revenir s'investir à la ferme. Il fallait mettre en place quelque chose pour les accueillir. C'est ainsi que nous avons développé en même temps la production laitière et le solaire qui nous permettaient de dégager des marges supplémentaires pour pouvoir faire face à la main-d'œuvre accrue sur l'exploitation. Julien s'est installé en 2010 en apportant 25 ha. En 2014-2015, nous continuons notre démarche, à surface égale. Une unité de méthanisation démarra avant fin 2015, et pour cet exercice-là, nous approchons d'une production de 1,6 million de litres de lait, tout en ayant la méthanisation en plus. C'est-à-dire qu'à chaque fois que nous franchissons un palier, nous essayons d'augmenter la performance de notre système.

L'exploitation comme un système intégré

Je vais essayer de vous montrer comment tout cela s'articule. Je ne vais pas reprendre la présentation qu'a faite Alfred Gässler. Vous avez déjà eu un aperçu de ce qu'est le semis direct : un système de culture. C'est dans la période des années 2000 jusqu'à 2010 que nous avons mis en place ces techniques qui nous ont permis d'abaisser nos charges. Alfred Gässler, tout à l'heure, a fait la démonstration de la puissance économique qui résulte de la maîtrise de ces différents outils. On voit bien qu'on arrive à augmenter les rendements avec, en même temps, une maîtrise des charges. Nous avons constaté sur notre structure les résultats suivants : environ 150 €/ha de charges en moins. Et en même temps, cela nous a permis une augmentation globale des rendements de 20 à 30 %, grâce à tout ce qui a pu être mis en place autour des cultures de printemps. Je dirais qu'en ce qui concerne les céréales, nos rendements sont restés stables.

Vous êtes ici, à Beauvais, sur des sols dotés de fortes capacités. Chez nous, le terrain est

vallonné avec des sols très superficiels, des terres de sable de 20-30 cm de profondeur sur du schiste ou du granite. Et c'est là qu'intervient justement la démarche du semis direct. Il s'agit d'amener du génie biologique dans nos sols et de faire de nos sables quelque chose de nouveau : un outil performant. Alfred Gässler a expliqué tout à l'heure toutes les démarches et les combinaisons qui permettent d'augmenter la productivité des sols par la mise en place du semis direct. Nous avons retrouvé sur notre exploitation les résultats qu'il a montrés. Le taux de matière organique de nos sols a augmenté de 1,5 %. Pour les néophytes, ça ne veut peut-être pas dire grand-chose, mais le résultat a été une augmentation de la productivité. On n'est pas dans une situation de dégradabilité, mais plutôt d'« agradabilité » pour reprendre l'expression proposée par Michel Griffon. Prenons l'exemple de la tomate. On peut très bien obtenir des rendements exceptionnels, dans des conditions semblables à du hors-sol, sur de la ouate ou des fibres, à condition d'apporter l'eau et tout le reste. On peut transférer cela sur un sol sableux, c'est exactement pareil. On peut augmenter les rendements en apportant le maximum d'eau, le maximum d'engrais, le maximum de phytosanitaires. Mais ce n'est pas ce que nous avons fait, ni ce que nous faisons à présent. En supprimant le travail du sol, nous avons à peu près doublé le taux de matière organique, augmentant notre fertilité. Nous sommes entrés dans un schéma favorable de fertilité et non de dégradation, avec tout ce qu'engendre le stockage de carbone. Par exemple, un point de matière organique stockée dans les sols (1 % de matière organique en plus), c'est 30 mm d'eau stockée disponible. Dans notre cas, cela nous permet d'économiser l'équivalent de deux passages d'irrigation durant l'été. Cela permet une augmentation de notre surface agricole utilisée, tout en baissant notre pollution.

Cela a déjà été démontré par les différents travaux réalisés dans différentes associations, comme le réseau BASE¹³ ou le réseau APAD¹⁴. L'absence de travail du sol nous permet d'abaisser les épandages de phytosanitaires, et donc les pollutions, de 70 %. Pour arriver à

¹³ Biodiversité, Agriculture, Sol & Environnement.

¹⁴ Association pour la Promotion d'une Agriculture Durable.

de tels résultats, il faut développer des technologies spécifiques : une quantité d'eau adaptée, bien contrôlée, quelques litres par hectare, des passages plus nombreux mais beaucoup mieux calibrés, jusqu'à un dixième des doses recommandées, soit de la réflexion, du travail concret et des techniques adaptées. Globalement, au niveau national, on cherche à obtenir la baisse des produits phytosanitaires. On s'est donné encore une dizaine d'années pour y arriver. Cela peut se faire plus rapidement, mais cela demande une approche très technique. C'est ce que nous avons développé chez nous. Aujourd'hui, nous savons qu'il est possible de mettre en place des techniques qui nous permettent de répondre à ces objectifs.

Nous avons divisé à peu près par trois notre temps de travail consacré aux cultures, tout en ayant un capital matériel qui est réduit au strict minimum : sans compter le tracteur qui n'a pas besoin d'être très puissant, nous avons juste un semoir et un appareil pour application des produits aux cultures. En même temps, grâce à cette approche technique, le semis sous couvert végétal nous a permis de produire des protéines sur notre exploitation au point de réduire, en une dizaine d'années, de 50 tonnes, nos achats de tourteaux de soja. Nous sommes maintenant en train de mettre en place une unité de méthanisation. J'ai pu échanger avec M. Ribeiro sur la méthanisation et ses objectifs. En effet, la production de protéines sur notre exploitation a pour objectif l'autonomie protéique. Nous utiliserons la chaleur de cet outil de la méthanisation pour sécher notre protéine, sécher notre luzerne, ce qui nous permettra d'avoir à peu près 30 % de gain supplémentaire de protéines, soit environ une centaine de tonnes de tourteaux de soja économisés à la fin de l'année.

Nous avons mis en place une succession culturale type qui alterne céréales, méteil (composé d'un mélange de triticale, avoine, pois et vesce) et maïs, avec des couverts végétaux intermédiaires (tels que présentés par Alfred Gässler). Nous avons donc introduit de nouvelles cultures. Par ces techniques-là, on voit qu'on arrive à des rendements accrus mesurés sur l'exploitation. Nous ne nous chargeons pas des mesures, c'est la Chambre d'agriculture, ou différents organismes, qui viennent contrôler notre travail. Nous

recherchons le maximum de productivité à l'hectare et, par ces systèmes-là, nous sommes finalement arrivés à nos objectifs en une moyenne de dix ans, et cela malgré des années dont les contraintes climatiques sont différentes. En effet, il s'agissait pour nous, dans une région qui a tendance à devenir plus sèche, de maintenir les rendements pour pérenniser notre système.

La recherche et le développement au cœur du processus évolutif

Nous faisons chaque année des essais afin d'améliorer notre système cultural. Nous avons mis en place 6 hectares d'essais, maintenus chaque année, c'est-à-dire que nous faisons notre travail quotidien de production et, en même temps, nous avons une plate-forme d'essais. Nous testons, selon les différentes périodes, des cultures supplémentaires, comme la double culture pour augmenter la performance du système grâce à l'augmentation de la teneur en protéine et de la quantité de fourrage. Il a été possible de gagner jusqu'à environ 15 tonnes supplémentaires de matières sèches en ayant des productions de protéines plus importantes, suivant les différentes associations. Finalement, nous agissons comme n'importe quelle entreprise aujourd'hui qui a un département recherche et développement. Nous ne sommes pas allés jusqu'à définir un budget de R&D, mais cela revient au même, et cela nous permet de valider ce que nous faisons, de tester et de laisser libre cours à notre imagination pour essayer de développer de nouvelles méthodes, afin de les valider et de les transférer à l'ensemble de la structure pour accroître ses capacités productives.

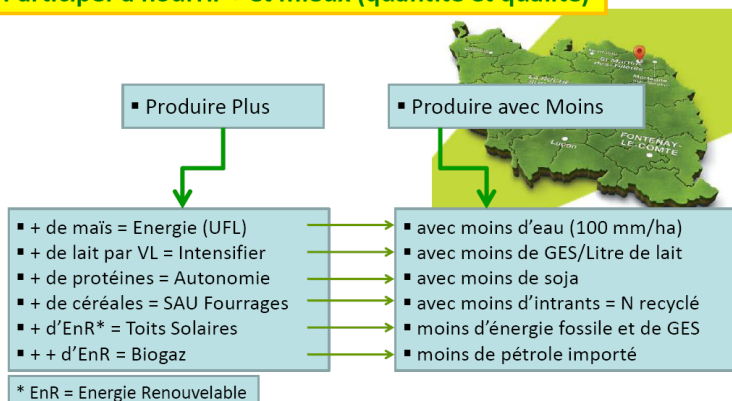
Notre démarche suppose une veille technologique qui est réalisée de différentes manières. Les voyages à l'étranger, les lectures et participations à des conférences, mais surtout des échanges avec d'autres agriculteurs qui avancent eux aussi, dans un cadre associatif, et grâce auxquels des essais peuvent être mis en place, validés, puis analysés. Le fait d'avoir ces 6 hectares prévus pour des essais, par exemple sur chaque exploitation, permettrait de multiplier les essais et de comparer. Une fois les résultats obtenus, on peut commencer à élargir les méthodes et techniques sur de plus grandes surfaces et les contrôler sur plusieurs

années. Pour chaque nouvelle étape, on recommence cette démarche-là qui s'est avérée pertinente dans notre développement sur notre exploitation. Cela permet de rester autonome tout en échangeant. En revanche, il faut conserver l'obligation de résultat à chaque fois qu'un investissement est programmé. Nous avons des comptes à rendre à l'extérieur de l'exploitation (prêts, subventions...).

Je vais donner un exemple. Le but de la double culture est d'augmenter la production de biomasse à partir de l'intensification de la couverture des sols, en combinaison avec la gestion de l'eau. Il s'agit d'utiliser le matériel génétique des plantes pour produire le maximum de biomasse, utiliser au maximum la photosynthèse en combinant des variétés de plantes, de cultures, en les faisant se succéder sur une année, sans aucun temps mort, et même parfois en recouvrement. Autrefois, on mettait en place – mais cela se poursuit encore largement – une culture de maïs au printemps (semis vers avril), récolté l'automne (vers fin septembre). Puis, l'agriculteur semait une culture d'hiver, par exemple un blé d'hiver. Nous, en accord avec les préconisations d'Alfred Gässler, nous mettons en place des couverts végétaux, par exemple des couverts végétaux avec une dizaine de variétés, qui peuvent aller très bien avec la culture principale qui va suivre et, qui rajoutent de la production. Prenons l'exemple du trèfle sur les parcelles humides. Il s'agit d'un trèfle qui vient d'Italie, trouvé dans des zones de marais, puis sélectionné, et qui a la propriété de résister à l'humidité. Il peut passer l'hiver et développer toute sa croissance au début du printemps. On va avoir un premier rendement disponible avant même la mise en place du maïs. Déjà dès le printemps, on a une production qui, en plus, apporte de l'azote dans le sol. On met en place la culture d'été (le maïs) qui n'est pas en concurrence avec celle du trèfle. Et entre la récolte de la culture d'été et le semis d'automne, on a de nouveau une production qui apporte de l'azote. Toute l'année, nos sols sont couverts et produisent. Autre exemple : nos luzernes ne sont pas détruites. Elles font un cycle de production complet de cinq ans et apportent aussi de l'azote dans le sol. À l'automne, on réimplante une culture dedans (semis direct sous couvert végétal), afin d'augmenter l'activité photosynthétique. On peut aussi utiliser les

périodes de repos de la luzerne pour y introduire et produire un méteil. Cette combinaison nous permet de doubler le rendement au printemps. Aujourd'hui, en utilisant des outils, on peut modérément ralentir la luzerne. On ne va pas la nettoyer, on va la calmer. Ceci va permettre d'implanter du maïs à l'intérieur, qui pourra profiter de l'apport en azote de la luzerne et, à la fin de son cycle, on récolte le maïs et la luzerne ensemble. Cela nous permet d'augmenter la production fourragère en permanence ainsi que nos cultures de vente, tout en ayant des sous-produits pour la méthanisation. En résumé, à condition de bien connaître les exigences de chaque espèce et leurs complémentarités, on peut couvrir en permanence le sol et produire en interculture. On peut aussi avoir deux cultures ensemble qui seront récoltées séparément ou ensemble selon leur usage. Cela conduit à des systèmes de culture complexes, aux rotations longues et pas toujours répétitives. Les 6 hectares d'essais servent à mettre au point ces systèmes.

Participer à nourrir + et mieux (quantité et qualité)



L'exploitation en chiffres

Nous avons aussi une activité laitière qui reste dominante sur notre exploitation et qui profite de notre augmentation de production végétale. Je vais présenter quelques chiffres. D'abord l'investissement : environ 1,6 million € concernant le bâtiment et ses installations (robotisation, nettoyage, paillage, brumisation, ventilation) dont 765 000 € environ en solaire photovoltaïque. Le but premier de ces installations est de toujours conserver et même d'améliorer la performance de notre système. Alors pourquoi la robotisation dans notre

élevage ? Comme l'avait exposé ce matin M. Griffon, on ne s'adresse plus à une population d'individus. On va chercher à optimiser en s'intéressant à chaque individu, et permettre que chaque animal en fonction de ses caractéristiques propres puisse extérioriser complètement son potentiel. En conséquence, nous obtenons une augmentation assez importante de la production laitière parce qu'on ne s'adresse plus à une population moyenne ou à un troupeau en général. On s'adresse à un individu grâce à la robotisation qui permet d'apporter à chacun ce dont il a besoin, quand il en a besoin. Globalement, cela conduit à un gain de performance sur le système entier. Les nettoyages et le paillage sont automatisés, ce qui permet une forte économie de main-d'œuvre. Vient également une partie brumisation/ventilation pour les vaches laitières. Cette technologie tout automatisée permet de maintenir un cadre confortable et adapté pour la production.

Parallèlement, ce même bâtiment, destiné aux vaches laitières, va produire de l'électricité valorisée à 60 cts/kWh. Cela ajoute environ 200 000 € de valeur ajoutée qui viennent dans la structure et qui contribuent à la performance du système. En mettant en place la robotisation, c'est environ 5 litres par vache par jour gagnés en productivité, grâce à tout un travail d'adaptation réalisé car, comme je vous l'ai dit tout à l'heure, on s'adresse à un individu, on ne s'adresse pas à une population moyenne. Nous améliorons aussi notre taux de fécondité et le confort des animaux, ce qui se voit vraiment par une meilleure santé des animaux. Par exemple, nous avons divisé par trois l'ensemble des frais vétérinaires. Sur les derniers exercices, nous avons eu environ 310 000 € d'excédent brut d'exploitation. Cela ne veut peut-être pas dire grand-chose pour le public de ce séminaire, mais avec la méthanisation, nous souhaitons nous situer aux environs de 500 000 € d'excédent brut pour les 5 UTH (cinq unités de travail, ou encore salariés) présents sur l'exploitation, ce qui représente une somme importante par salarié.

Nous avons suivi, selon les termes de M. Griffon, l'objectif de produire plus avec beaucoup moins. On cherche à produire de la nourriture de très bonne qualité en quantité. Nous avons

mis en place depuis quinze ans sur notre structure une augmentation de 30 % de la production de maïs, tout en divisant par deux la quantité d'eau consommée. On augmente la production de lait en produisant moins de gaz à effet de serre, et plus de protéines : on vise l'autonomie. À la fin de l'année, avec la mise en place de la méthanisation, nous serons à peu près autonomes à 100 % en matière de protéine sur l'exploitation. Ce qui nous permet, par exemple pour le troupeau laitier, d'avoir 75 000 € d'achats extérieurs en moins. La balance entre les achats et le coût de la protéine mise en place est de 35 000 € d'économies nettes sur le troupeau laitier, ce qui nous permet de bien rémunérer la main-d'œuvre. On recherche aussi à augmenter la production de céréales. Plus la ferme s'intensifie à surface identique, plus on augmente la biomasse. Nous avons augmenté la production laitière mais, parallèlement, nous avons augmenté la production de céréales, c'est-à-dire qu'on alimente les animaux surtout avec des deuxième cultures. Nous recherchons toujours à développer les cultures de vente, de céréales. Et tout cela avec, de fait, beaucoup moins d'intrants.

Synthétiquement, l'analyse de l'évolution depuis vingt-cinq ans de la production laitière sur notre exploitation donne les chiffres suivants : la surface a été multipliée par 7, mais le chiffre d'affaires par 13. Nous avons globalement 5 fois plus de main-d'œuvre, mais le temps de travail pour produire 1 000 litres de lait a été divisé par 4.

Notre démarche et nos difficultés

Quelle a été la démarche pour avancer ? Dans notre cas, il faut prendre en compte que nous avons commencé, à l'origine, à partir d'une petite structure avec relativement peu de moyens et peu de main-d'œuvre. Nous avons toujours été orientés par la recherche de la valeur ajoutée. Il a fallu choisir, saisir les opportunités, adapter des systèmes, miser sur la technique de l'exploitation. Nous avons mis en place de la diversification et de la durabilité, en prenant en compte l'environnement, en l'intégrant à notre vie dans la société. Je pense que les notions de durabilité ne peuvent ignorer ces notions de « vivre dans la société ». Travailler dans de bonnes conditions, cela donne aussi le temps de venir à LaSalle Beauvais

rencontrer un public comme le vôtre...

Comment décrire les démarches et les points déterminants pour réaliser cette marche en avant ? Je crois que c'est très semblable à ce que nous a montré Michel Griffon dans sa présentation qui commence au néolithique et qui se poursuit jusqu'à aujourd'hui. À chaque fois qu'une crise arrive, il faut trouver des solutions, l'intelligence s'active, il faut innover. À notre échelle, c'est ce qui s'est passé. À chaque fois, les crises, par exemple des sécheresses ou les fluctuations du cours des matières premières, ou même le départ d'un associé, nous ont conduits à essayer de réagir. La mise en place d'un système de semis direct par exemple contribue à la protection contre les sécheresses. La diversification des productions permet de gérer la volatilité du cours des matières premières, d'éviter de dépendre des protéines achetées et, en même temps, d'avoir un système qui nous permet de faire face à des mouvements de personnel au sein de l'exploitation. Grâce à un système performant tout en nous laissant du temps disponible, nous pouvons faire face à ces situations.

Depuis quinze ans, nous avons mis en place une démarche systématique pour produire plus avec moins. Au départ, lors de la mise en place du semis direct sous couvert végétal, la préoccupation était d'abord environnementale et avait pour but de répondre à la question : comment garder la production en évitant de dégrader notre environnement ? Nous constatons huit ans plus tard que cela a aussi augmenté la fertilité des sols. Nous avons complexifié le système en optimisant la production de fourrage et de grains, ce qui nous a permis d'accroître à la fois la production laitière et les ventes de grains. Ce qui permet à la fois de produire de l'énergie renouvelable et d'augmenter les besoins en main-d'œuvre sur une surface identique. Finalement, nous essayons de mettre en place toutes les solutions préconisées par M. Griffon, pas à pas, en intensifiant toutes les fonctionnalités de notre système. M. Gässler le propose sur toute la France. Nous appliquons le principe de chercher à produire plus, avec moins, sans polluer, et sans dégrader l'environnement, tout en

améliorant la vie de nos citoyens par la production d'énergie locale.

Les obstacles que nous avons rencontrés durant cette forme de développement, bien souvent, viennent du fait que la mise en place d'innovations est confrontée à une pression administrative. Je prends l'exemple de la méthanisation : il a fallu entre trois et quatre années de travail pour la mise en place. C'est long, fastidieux et presque décourageant. C'est un élément incontournable, mais qui est quand même un frein important à notre développement. Aujourd'hui, il faudrait consacrer beaucoup plus de temps sur tout l'aspect veille technologique. Même si on travaille en groupe, en association, il faut toujours avoir une partie de son temps en veille technologique pour essayer de s'adapter, anticiper, avoir une petite longueur d'avance pour rester, disons, dans le bon positionnement. Il faut aussi des moyens financiers. Nous sommes partis de pas grand-chose, nous ne sommes pas Rothschild. Donc c'est plus difficile quand il faut des moyens financiers importants. Les blocages à l'heure actuelle dans l'agriculture restent une inadaptation des structures financières face aux enjeux. Quand on parle d'énergie renouvelable, le moindre budget pour une unité de méthanisation, si on veut obtenir une rentabilité, est d'au moins un million d'euros. On arrive généralement plutôt à des situations entre 1,5 et 2 millions d'euros. Et nous retrouvons en face de nous des organismes bancaires qui viennent toujours avec un petit peu de temps de retard par rapport aux besoins. Sur des projets, par exemple à 2 millions d'euros, les installateurs vont vous demander un apport immédiat de 10 %. C'est déjà important, cela peut même stopper le projet. Il faut essayer de se bagarrer sur tous les points.

Notre formatage intellectuel au départ, et celui des autres aussi, est un frein au développement et à la prise de risque. Il y a des peurs face au changement qui sont importantes... Tout le monde veut conserver ses acquis. À chaque fois qu'on va mettre en place une innovation, il y a toujours les doutes et le regard des autres. Alfred Gässler l'a bien montré tout à l'heure sur l'innovation et les sens du développement. La sociologie du monde

agricole est quand même très importante. Le regard des autres peut figer des situations, exercer une pression telle que la notion d'aventure dans ce genre de pratiques arrête les personnes d'autant plus s'il y a eu des échecs. Mais les crises et les échecs permettent d'avancer également. Les idées reçues du monde agricole sont quand même importantes quand vous cherchez à vouloir avancer. Nous n'avons pas une culture américaine ou une culture canadienne. Nous avons toujours le poids du passé.

J'ai la chance de travailler en famille, d'habiter dans la région de mes parents, mais assez loin quand même pour ne pas avoir à subir trop d'influence. Si la première fois que nous avons mis le semis direct en place sur l'exploitation – on a commencé en 2000 – cela avait été un petit échec, je vous garantis que le regard de la famille aurait été très dur... Nous aurions entendu : « *Ça y est, c'est la catastrophe généralisée qui arrive !* » Le fait de ne pas être trop en contact avec la famille et néanmoins de réfléchir à plusieurs, cela a permis de franchir les caps délicats. À chaque fois qu'il y a des crises, des obstacles, il faut trouver aussi les leviers d'action. Je les ai abordés en même temps. Le fait de participer, de travailler à plusieurs, de prendre du temps dans différentes associations, dans des groupes d'agriculteurs engagés comme nous dans la voie de la performance, nous a permis de mettre en place des techniques nouvelles pour développer notre exploitation.

Sur notre exploitation, tout est en semis direct. On ne voit jamais la terre nue. L'aspect des champs est donc bien particulier et peut heurter ceux qui n'imaginent pas une terre non travaillée. Venir avec un semoir dans une prairie paraît aberrant. Le regard des autres a été au début assez difficile. Aujourd'hui, cela commence à être un peu plus une sorte de cadre dans le paysage. Chacun voit bien que, malgré toutes les réticences, au moment de la récolte, nous avons quand même une production de fourrages qui dépasse le potentiel maximum de nos collègues. Nous sommes, dans la région, treize agriculteurs désormais indépendants du soja extérieur grâce à la production de luzerne. Au commencement, mon père m'a dit : « *Écoute : il n'y a jamais eu de luzerne dans la région ! Je ne sais pas*

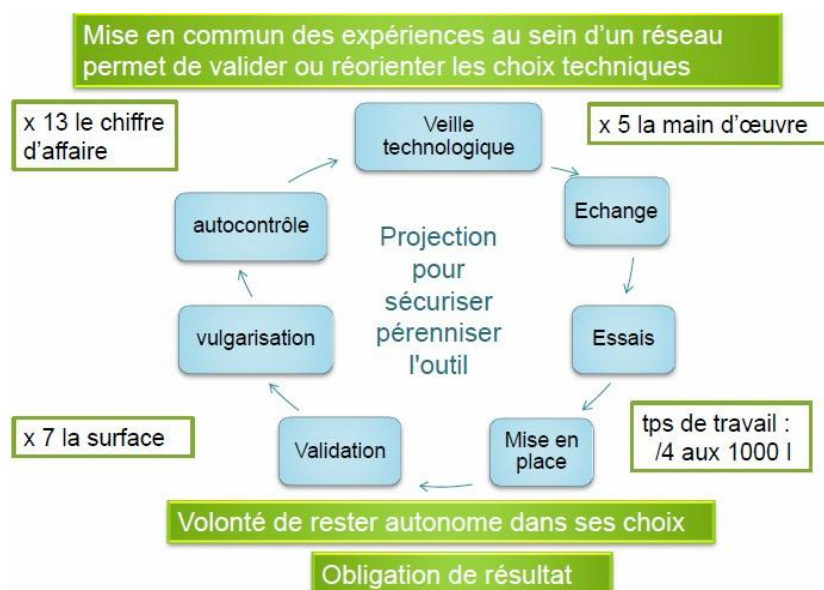
pourquoi, toi, dans des sols acides, tu arriverais à produire quoi que ce soit. » Et pourtant, finalement, nous y sommes arrivés. La production de luzerne est en place depuis dix ans.

La réglementation est peu adaptée à l'innovation

On recherche à recycler au maximum, même si la complexité administrative peut nous bloquer. Voici un simple exemple : pour l'épandage d'un fumier, d'un lisier ou d'un digestat, on est arrêté à un niveau inférieur aux besoins des plantes. Concernant une céréale, la limite imposée du phosphore apporté est de 60 unités, alors que dans notre système les besoins peuvent atteindre 250 unités par an, pour l'azote ou pour le phosphore. Il faut donc utiliser la performance des cultures de plantes, des deuxièmes, des couverts, etc., qui, elles, ont la particularité d'enrichir le sol pour nous permettre de contrer les blocages administratifs. Autre situation, les produits de fermentation : le compost ne fait pas partie de la catégorie des fumiers et lisiers. La méthanisation, nous le verrons avec la présentation de M. Ribeiro, entraîne des sous-produits appelés digestats, utilisables directement en épandage. Vous avez pu lire dans la presse, avec la ferme des mille vaches dans la région Nord, le problème posé par fumier. La notion d'épandage de lisier ou de fumier est très mal perçue, alors qu'on en a besoin pour les sols. Je dirais que, dans chaque commune de l'Ouest, il y a l'équivalent d'une ferme des mille vaches. Autant dans le Nord, cela fait polémique. Autant chez nous, les regroupements d'éleveurs au sein d'une petite commune sont tout à fait courants et mènent à des structures proches de celle qui fait polémique.

La production d'énergie renouvelable reste un avantage pour la société, surtout si elle est locale, enracinée dans le territoire. Les acteurs territoriaux recherchent notre participation, car l'agriculture a un fort potentiel. N'y a-t-il pas eu un « ratage » au démarrage du solaire en 2009-2010 ? L'environnement technique agricole n'a pas saisi l'affaire au bond, au contraire. Il l'a plutôt freinée. Alors que les agriculteurs auraient pu, en n'équipant ne serait-ce que 20 % de la quantité des toits disponibles en agriculture, produire une très grande quantité d'énergie. Les agriculteurs ont un potentiel considérable de production d'énergies

renouvelables qui comprennent aussi le biogaz. Il est connu des spécialistes, dont certains sont présents dans la salle, qu'une unité de méthanisation par commune nous permettrait de fortement diminuer la dépendance en gaz importé au niveau du pays. Ce serait quand même dommage, aujourd'hui, dans notre situation, de ne pouvoir réaliser ce développement. Il faut à la fois beaucoup de temps et une volonté sans faille pour mettre en place un méthaniseur, car l'administratif, au lieu d'aider, vient bloquer le processus.



Conclusion

Quelques mots pour finir sur nos outils de production. Tous les bâtiments ont la face sud des toits couverts de panneaux photovoltaïques. Le terrassement du méthaniseur est déjà réalisé ainsi que les bâtiments connexes nécessaires. Tout est prêt pour l'implantation finale. La partie administrative, connectée et informatisée, donne directement, grâce à une large baie vitrée, sur l'étable. Tout en travaillant dans la partie administrative, et en réfléchissant aux choix futurs, nous gardons le contact visuel avec notre élevage à côté, sans devoir nous y impliquer en permanence. En effet, tout est automatisé. Le robot de traite permet aussi des gains de compétitivité et de performance, et conformément à l'analyse de M. Griffon, il permet une individualisation de la productivité. Cette machine analyse, mesure, selon une quinzaine de paramètres, chaque animal, et ce au quotidien. C'est donc un suivi permanent

plus précis et plus efficace que celui que nous réalisions auparavant.

Une centaine de paramètres mesurent l'état physiologique des vaches, leur état de santé, etc. Nous en avons retenu une quinzaine. Le robot de traite est interactif sur chaque animal. Il traite, mais il mesure aussi les caractéristiques retenues, et en fonction de la production de lait, il programme la ration. À la suite du vêlage, la mise en place de la lactation est progressive. Comme pour tous les mammifères, il y a différentes phases de production. La machine démarre progressivement et augmente, peu à peu, la quantité de concentrés ajoutés à l'alimentation, en s'adaptant à la situation dévoilée par les mesures quotidiennes. Plus la vache produit de lait, plus la machine va augmenter la quantité du concentré par rapport à un plan de production qui a été anticipé. Mais il est interactif : c'est-à-dire qu'à un moment donné, si l'animal arrive à son potentiel, la machine va tester, en proposant un petit peu plus d'aliments, s'il y a un gain de productivité. On peut aussi lui mettre quelques indicateurs économiques. Par exemple, quelques euros mis en production laitière mais non rémunérés par la production indiqueront qu'on arrive à l'optimum économique. La machine va abaisser la quantité afin de trouver le seuil d'équilibre économique attendu. Ainsi, la machine s'adapte. En même temps, l'animal est pesé tous les jours. Il y a des capteurs de prise de température, de conductivité, de rumination. Il est possible de connaître le poids ou la fièvre éventuelle, etc. On obtient un « *check-up* » complet de chaque animal tous les jours. Notre travail reste la gestion de ce flux d'informations. Il s'agit de coupler les paramètres pour nous dire : « *Là, s'il y a rumination, laissons la fièvre remonter sur tel type d'animal.* » Aujourd'hui, nous connaissons beaucoup mieux nos animaux qu'avant. Auparavant, nous étions face à un troupeau pour lequel nous faisons les opérations de travail quotidien, mais sans avoir toute cette batterie d'analyses.

Aujourd'hui, chaque matin, nous savons individuellement s'il y en a une qui est enrhumée ou pas. Les opérations de contrôle sont quotidiennes. On peut voir par-là, je pense, que la révolution technologique nous permet au contraire d'être plus proches, même si, au départ,

la vision était au contraire de s'éloigner des animaux. Cette révolution technologique nous permet d'être extrêmement près d'eux. Et grâce aux flux d'informations produits par les outils technologiques que nous avons (ordinateur, smartphone), on peut, de n'importe quel lieu de la planète, suivre la production de chaque vache à un instant donné et rester relié en permanence.

- IV -

L'agriculture de précision et l'apport de l'utilisation de drones

Erick LEBRUN

Erick Lebrun, ingénieur en agriculture, travaille aujourd'hui pour AIRINOV où il occupe la fonction de responsable du marketing et de la communication de cette jeune entreprise. Il est diplômé de LaSalle – Beauvais, spécialité agriculture, depuis 2010.

Résumé

Les nouvelles technologies numériques permettent d'adapter les différents traitements à des échelles nettement plus petites qu'une parcelle. Cela permet de tenir compte des hétérogénéités. Cela produit un nombre croissant de données à partir desquelles des modélisations peuvent être faites. Cette production de données pose de nombreux problèmes tant juridiques, sociaux qu'éthiques. AIRINOV, jeune entreprise fondée par des enfants d'agriculteurs, se base sur l'utilisation de drones pour cartographier les champs et offrir aux agriculteurs, mais aussi aux semenciers, des outils d'aide à la décision. Afin de proposer une offre à des tarifs adaptés aux besoins des agriculteurs, une logistique complexe est mise en place sur tout le territoire et un réseau de distributeurs gère les commandes. La traçabilité des données devient un élément crucial de la réussite de l'entreprise. Cette offre peut être utilisée par tous indépendamment de la généralisation des NTIC à tout le matériel agricole, ce qui permet de garder le contact avec la réalité agronomique. Les outils actuellement en développement permettront une approche

systémique générale, les préconisations étant directement intégrées dans les outils de traitement.

Les enjeux de l'agriculture de précision et des NTIC

Je vais aborder des thèmes de l'agriculture de précision et de l'utilisation des nouvelles technologies dans l'agriculture. Comme vous pourrez le constater avec le petit outil que j'ai apporté, ce drone, chez AIRINOV, on exploite justement des données. Cela s'accorde avec ce que vous avez entendu précédemment concernant les agriculteurs qui sont connectés. Aujourd'hui, les agriculteurs disposent d'une quantité croissante d'informations qui permettent de mieux connaître les troupeaux, les parcelles et les cultures.

Je vais commencer par introduire ce qu'est le « *Big Data* » en agriculture, terme qui est de plus en plus employé. Le « *Big Data* », généralement parlant, est le traitement de données non structurées, à partir desquelles il est possible de trouver des tendances, des comportements, etc., et ce, à partir d'algorithmes qui ne présupposent pas de relations causales... Cela peut être un volume de données brutes, comme les températures, les dates de semis, les caractéristiques du sol, mais aussi les modalités de vente, le temps d'usage du tracteur, la biomasse ou toute autre forme de données que l'on peut relever avec des capteurs, ou autrement. Pourquoi observe-t-on un tel développement aujourd'hui, de ce genre de technologie ? Pourquoi en parle-t-on depuis une dizaine d'années ? C'est une conséquence du développement des réseaux technologiques et de communication qui permettent aujourd'hui d'échanger, de traiter et de stocker des volumes d'informations énormes et toujours croissants, à très grande vitesse, ce qui n'était pas envisageable il y a seulement dix ans.

Ce changement d'échelle, en termes de volume et de vitesse, dans la manipulation des données nous permet, aujourd'hui, dans le cadre de notre activité, de promettre une réactivité suffisante. On peut donner des conseils aux agriculteurs, à partir du traitement de

leurs données, tout en restant pertinent et rapide, car le facteur qui contraint encore l'agriculteur dans ses champs reste la météo. Et sur celle-ci, il n'existe aucun moyen de contrôle dans le sens anglo-saxon de « maîtrise ». On peut seulement s'y adapter et y répondre rapidement de manière appropriée. Ainsi, l'acquisition des données peut se faire aujourd'hui grâce aux objets connectés, à partir d'un nombre de capteurs croissants qui peuvent être à la fois placés sur des drones, des satellites, des tracteurs, des machines, des outils qui deviennent aussi des instruments de mesure. Ils « embarquent » des capteurs et permettent de recueillir des données. On le voit avec les nouvelles générations de robots, apparues au dernier SIMA en février 2015. Tous les nouveaux robots montrent cette évolution vers une « agriculture de la donnée ». Ces données, produites à partir de capteurs embarqués, vont permettre d'analyser et de connaître de mieux en mieux les champs, les parcelles, jusqu'aux plantes individuellement. Le « *Big Data* » tel qu'il se développe actuellement pourrait permettre justement une analyse plus fine des cultures et une meilleure prévisibilité de leur comportement.

Quels sont, pour demain, les enjeux de « la donnée » ? Il y a déjà leur stockage. Or, qui doit le réaliser ? Comment, et qui peut les exploiter ? Comment peut-on les mettre à disposition ? Ces questions sont débattues dans tous les pays du monde. J'étais encore avant-hier à l'ambassade de la Grande-Bretagne où une réunion était organisée sur l'enjeu du « *Big Data* » dans l'agriculture. En Angleterre, on se pose aussi beaucoup de questions sur les modalités de gestion des données : est-ce que la base de données doit être commune à tout le monde ? Les acteurs peuvent-ils ou doivent-ils pouvoir venir piocher dans ces données et même y contribuer ? Dans ce cas, il y a encore beaucoup de questions auxquelles il faut répondre : comment cela doit être géré ? Qui doit le gérer ? Qui doit donner les autorisations ? Qui peut donner accès à certains acteurs, à certaines données ? Est-ce que c'est l'agriculteur lui-même, qui est normalement propriétaire de ces données, qui peut donner accès à certains acteurs, à certaines données ? Est-ce à l'État de le gérer ? Ou aux Chambres d'agriculture en France ? À ces questions s'ajoutent celles de la contribution : qui

peut apporter des données dans ce système ? Comment vérifie-t-on la qualité des données ? En effet, avant même de chercher à les exploiter, je pense qu'il faut réfléchir à la façon de vérifier si ces données sont de qualité et pertinentes, car si on exploite des données fausses, on va arriver à des analyses erronées. Cela implique la mise en place de contrôles dès maintenant, en amont même de la constitution des données sur lesquelles travailler.

Finalement, qu'est-ce que le « *Big Data* » agronomique ? En effet, la donnée agronomique est bien produite et utilisée depuis quarante, voire soixante ans : on faisait des prélèvements ; on allait sur le terrain ; on coupait des mètres carrés de colza ; on le pesait ; on coupait le blé ; on pesait la matière sèche ; on mesurait l'azote absorbé ; on pressait le jus de tiges... Toutes ces données-là sont connues, soit l'azote absorbé, la biomasse, la matière sèche, toutes ces données agronomiques sont connues. L'enjeu est d'utiliser des drones ou des capteurs embarqués afin de spatialiser cette donnée, c'est-à-dire d'être capable de réaliser des cartographies d'une parcelle et donc de mieux connaître cette dernière à un niveau d'échelle plus petit que ce qu'apporteraient deux prélèvements sur une parcelle.

L'hétérogénéité des parcelles implique une variabilité des prélèvements mais aussi, dans le contexte classique, une absence de prise en compte des réalités de cette variabilité. Le drone va permettre de cartographier l'ensemble de la parcelle avec une grande précision. On voit que, s'il est possible de récolter des données à un niveau d'échelle suffisamment petit pour un nombre important de traits tels que les indices de végétation, les cartographies des sols, celles des rendements, des apports d'intrants, tout cela au final va permettre à l'agriculteur, à terme – car on n'y est pas encore –, de calculer une marge brute géolocalisée au mètre carré. Ainsi, chaque mètre carré de la parcelle pourra être considéré comme un petit champ. L'agriculteur pourra aller jusqu'à l'analyse de la marge brute par mètre carré et l'optimisation de cette marge brute à cette échelle.

Dans ces conditions, on va gagner à la fois en intrant – en l’optimisant, ce qui signifie aussi de baisser la consommation moyenne –, et en productivité – car la production moyenne sera plus élevée. L’adaptation aux besoins réels *in situ* aux échelles les plus petites conduit à une élévation de la productivité, en considérant chaque mètre carré différemment, et forcément à un gain environnemental. En effet, si on apporte une dose d’intrant, d’azote, conformément au besoin local, et qu’il est absorbé quasiment en totalité par les plantes puisqu’elles en avaient besoin, on aura beaucoup moins de pertes et de lessivage.

AIRINOV et le développement des drones

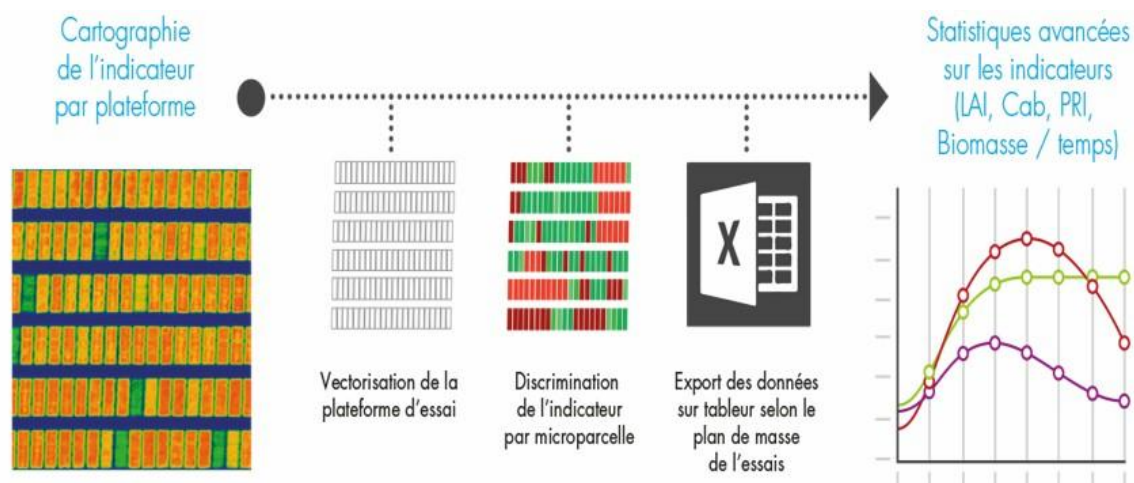
Cela me conduit à vous présenter la société AIRINOV, ce que nous faisons concrètement avec cette nouvelle technologie du drone, comment cela a été développé et comment l’idée est née d’utiliser les drones en agriculture. La société AIRINOV a cinq ans. Cette année, AIRINOV comprend une trentaine de personnes salariées avec un réseau de quarante agriculteurs indépendants. Aujourd’hui, – ce n’est pas négligeable dans le contexte français –, cela prouve qu’on peut innover en agriculture et apporter de la valeur. À l’origine, c’est un fils d’agriculteur qui a eu l’idée durant un week-end quand il est rentré chez ses parents. Fils de maïsiculteur, depuis sa jeunesse, il allait voir les enrouleurs s’ils avaient fini et il pouvait attendre au pied de l’enrouleur pendant une demi-heure. Sa réflexion est partie de là : comment récupérer de l’information rapidement, sans se déplacer, afin de savoir si l’arrosage est terminé ou pas sans perdre de temps. Puis, à partir de plusieurs réflexions qu’il a eues avec des agriculteurs rencontrés, il s’est dit qu’il pourrait être intéressant d’aller plus loin dans l’analyse et d’essayer de recueillir des données vraiment agronomiques ayant une valeur ajoutée. De là est venue l’idée de faire voler un petit avion sur la ferme, afin d’obtenir des informations intéressantes.

En partenariat avec l’INRA, il a développé le capteur placé dans le drone ici que je vous ferai passer tout à l’heure qui permet aujourd’hui de faire les analyses que nous proposons aux agriculteurs, mais aussi aux semenciers et aux firmes phytosanitaires. Donc, le support

utilisé des capteurs est un drone, mais qu'est-ce que c'est ? Pour nous, c'est un gros Smartphone volant avec une centrale inertielle, un moteur, une batterie plus importante et quelques capteurs de vitesse du vent qui lui permettent de se guider. Cet outil est totalement automatique et arpente les parcelles de façon non pilotée humainement. Le pilotage est automatique. On programme le drone avant le décollage. On lui donne le détournement d'une parcelle et lui va l'arpenter de façon automatique. Le pilote n'a pas grand-chose à faire mis à part sentir le sens du vent pour le faire décoller et atterrir face au vent comme un avion pour qu'il prenne un petit peu plus de portance.

Tout l'intérêt de cet outil reste le taux de couverture et le débit de chantier qu'il propose. On peut couvrir 3 hectares à la minute. On ne peut ni labourer, ni semer, ni traiter aussi rapidement. Donc on cartographie avec un drone, qui vole à 150 m de haut, à 60 km/h et qui embarque ce capteur agronomique qu'on a développé avec l'INRA. Le capteur en lui-même est multispectral, comme on peut le voir ici, et va capter la réflectance de la plante dans quatre longueurs d'onde (le rouge, le vert, le proche infrarouge et l'infrarouge), sachant que dans l'infrarouge, on voit beaucoup plus de choses et de nuances que dans le vert au niveau de la réflectance des plantes. Au-dessus de ce capteur, un capteur de luminosité global permet de faire la différence entre la luminosité qui arrive et celle qui est réfléchiée par la plante. L'avantage d'utiliser un drone reste le fait qu'on obtient un recouvrement des images. Si je veux, par exemple, cartographier ce drone avec ce capteur que je fais passer à intervalles réguliers avec un recouvrement et donc des angles de vue différents. Je vais être capable de prendre l'architecture 3D de l'objet cartographié : à la fois les ombres et les côtés plus lumineux, et donc la directionnalité de la lumière et aussi l'architecture du couvert végétal. Cela nous donne des informations beaucoup plus précises qu'avec des technologies, embaquées sur satellite, lesquelles ne prendront qu'un seul point de vue et de très haut. Grâce à cette approche, on arrive aujourd'hui à des données beaucoup plus précises et spatialisées.

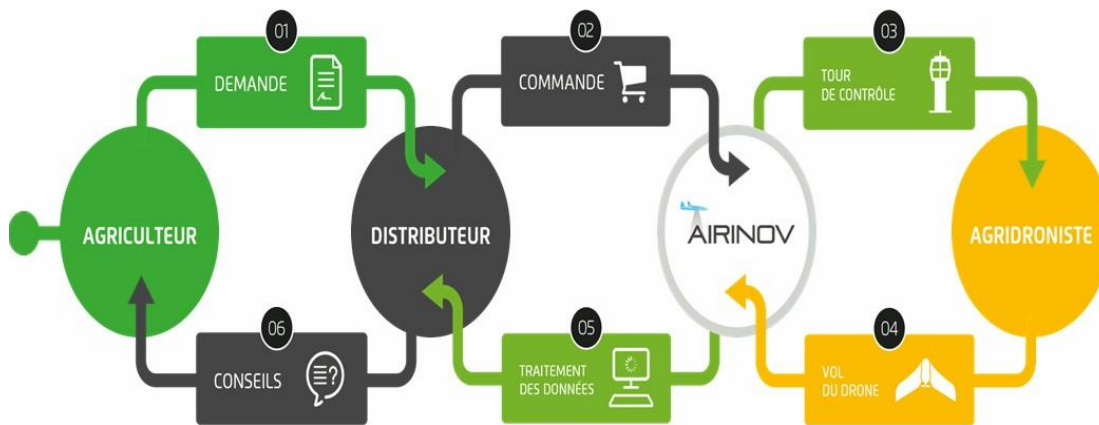
Le système de paramétrage est mis en place sur ordinateur. On voit le détournement de la parcelle et ses coordonnées, la définition du plan de vol, le sens de passage, etc. Ensuite, il suffit d'aller dans la parcelle et de lancer le drone à la main, – il pèse 700 g, c'est vraiment très léger – et, une fois qu'il est parti, il est totalement autoguidé. On peut le suivre sur ordinateur. Pendant son vol, il va acquérir des données : deux images par seconde, en fait deux fois quatre images parce qu'on a quatre optiques. L'acquisition est recouverte. Ce n'est pas du « bord à bord ». Une fois que l'acquisition des images est terminée, le drone revient à son point d'atterrissage défini à l'avance. On peut le faire atterrir où on veut, en général, dans un lieu proche de l'opérateur qui va transmettre ces données de vol, soit des images, des photos à AIRINOV pour les traiter. En premier lieu, il s'agit de reconstituer les cartographies. Ensuite, elles seront analysées selon des modèles agronomiques de l'INRA qui sont des modèles physiques. Ces modèles permettent d'obtenir des variables physiques comme les taux de chlorophylle ou de la densité foliaire. Ces résultats sont couplés à des modèles empiriques auxquels on a corrélé le signal du capteur pour arriver par exemple à des biomasses sèches, à de la matière sèche absorbée ou à de la biomasse fraîche. Ce type d'indicateurs permet d'aller jusqu'à une préconisation d'azote. Le capteur est un outil spectral, à partir duquel on obtient des indicateurs physiologiques et agronomiques. Au niveau de la précision et de la résolution spatiale, on peut descendre à une résolution spatiale de 5 cm – chaque pixel d'image peut représenter 5 cm par 5 cm. Quand on travaille en grande culture, la résolution est de 30 cm. On regroupe les pixels pour arriver au mètre, parce que cela n'a aucun intérêt de travailler avec une précision à 30 cm dans ses cultures alors que, de toute façon, le matériel de modulation pour l'épandage de l'azote n'a pas une telle précision. Cela fait partie des travaux menés à AIRINOV, en partenariat avec les constructeurs de matériels, pour faire avancer le matériel vers plus de précision, en tenant compte des retours obtenus du terrain.



Expertise terrain et logistique

Pour cette technologie, il a fallu développer l'expertise du terrain, car pour déployer des drones sur 82 000 hectares, soit un total cumulé de plus de 2 750 heures de vol en France cette année, il faut des outils. Il faut optimiser¹⁵. La première étape, lorsqu'un agriculteur passe commande, est d'intégrer sa demande dans un regroupement de parcelles pour faire des plans de vol pour nos opérateurs, transmis par des applications mobiles, ce qui leur permet de prévenir les agriculteurs par texto des jours et heures de passage. Toute cette logistique doit être mise en place et gérée, avec une maîtrise de la traçabilité des données, pour arriver à être productif et à réussir le pari du début. Notre réseau d'opérateurs aujourd'hui est national. Il nous permet de déployer des flottes de drones sur le territoire. Quand on a, en fonction de la météo, une zone avec 3 000 ou 4 000 hectares à faire très rapidement, on peut déployer quatre ou cinq opérateurs d'un coup sur une même zone et faire 4 000 hectares en deux jours. C'est l'avantage comparatif du modèle que nous avons mis en place. Cette année, nous avons réalisé 8 000 vols, à partir de 8 000 points de décollage. AIRINOV réalise plus de la moitié des vols déclarés de drones agricoles en France. L'agriculture, à la grande surprise de nos amis de la DGAC, représente un nombre de vols assez nombreux.

¹⁵ En 2015, AIRINOV a dépassé 100 000 hectares cartographiés.



Nous avons également développé avec des chercheurs le suivi d'essais. Nous sommes capables sur des essais en microparcelles, avec une précision à 5 cm, de faire une cartographie biomasse sur du blé, par exemple en fonction de la fertilisation azotée. On voit très bien qu'il y a des blés qui ont été plus fertilisés et des témoins avec beaucoup moins d'azote. La deuxième étape est une vectorisation des plates-formes, soit le « *Big Data* », car une fois qu'on a vectorisé la plate-forme, on va être capable d'extraire les données et de les renvoyer vers des tableurs Excel : par microparcelle, en fonction du plan de masse, on va avoir une moyenne de biomasse, un écart-type de biomasse par microparcelle. Ceci peut être suivi dans le temps sur tout le cycle végétal, avec quatre ou cinq mesures de montée en biomasse pendant la phase de croissance, puis autant dans la phase d'épiaison et sur la sénescence. Tout cela dans des conditions variées de fertilisation azotée, pour une série de variétés, et dans des conditions sol-climat différentes.

Une autre application s'appelle la discontinuité de rang et le comptage de levées, notamment pour des semenciers de maïs. Ce travail, auparavant, épuisait des stagiaires de LaSalle (ou d'autres écoles...) : aller compter les levées directement dans le champ. Aujourd'hui, l'utilisation de drones permet d'être beaucoup plus rapides, précis et objectif. On a le même outil et le même œil partout et sur toutes les plates-formes d'essai. Cela élimine la variabilité de la subjectivité, ou de la fatigue, des notateurs. Sur des essais sur vigne, on voit très bien les hétérogénéités de vigueur, et aussi les hétérogénéités au niveau des manquants. On travaille sur la détection de maladies de la vigne, comme la flavescence dorée qui est un

gros problème en ce moment. Il est possible de réaliser une reconstitution 3D, de faire des calculs de volumes foliaires et d'envisager de programmer la modulation de doses de bouillie de traitement en fonction du volume foliaire des vignes. Nous avons aussi mesuré le taux de floraison sur tournesol avec un capteur RGB (appareil photo classique) et, de même, avec notre capteur multispectral. Le traitement automatique d'images RBG n'est pas évident, car la différence entre le jaune et le vert en termes de colorimétrie est une analyse difficile. Quand on passe au multispectral, le jaune par rapport au vert devient très différent et le comptage est beaucoup plus précis et plus rapide.

Une entreprise d'enfants d'agriculteurs

Notre entreprise est une entreprise d'enfants d'agriculteurs. Pour les petites expérimentations que l'on a vues, les coûts des prises d'images et des traitements de données peuvent atteindre jusqu'à 6 000 euros/ha. C'est énorme ! Un semencier peut se le permettre dans son suivi d'essai ou dans ses notations, mais certainement pas un agriculteur. Comme nous avons la volonté d'aller vers les agriculteurs, nous devons en conséquence minimiser nos coûts. J'ai parlé de la logistique précédemment. En pratique, nous procédons de la manière suivante. Si un agriculteur nous commande une parcelle de 10 hectares dans le sud de la France, nous n'arrivons jamais à faire une proposition qui lui convienne en termes de coût. Nous n'avons donc aucun intérêt à passer contrat directement avec lui. Nous avons mis en place un réseau de distributeurs. Si un distributeur nous commande une zone de 500 hectares dans le sud de la France, on peut dépêcher un opérateur et, dans ce cas-là, l'action devient efficace et rentable. L'étape suivante est la tour de contrôle d'AIRINOV. Chaque vol de drone en France devant être déclaré, on récupère toutes les parcelles de la zone : on les regroupe ; on fait des points de décollage ; on les déclare à la DGAC. Par exemple, il faut des autorisations pour voler à côté de l'aéroport de Beauvais, à côté d'une base militaire ou d'une centrale nucléaire. Notre opérateur fait le vol, puis nous transmet les données, et nous faisons le traitement des données. Notre production

se décline en cartes au mètre carré d'indicateurs de biomasse ou d'azote absorbé, en cartes de zonages des grosses hétérogénéités de la parcelle. Cette demande concerne 85 % de nos clients agriculteurs, seulement 15 % vont jusqu'à la modulation automatique et le GPS dans le tracteur. Autrement dit, 85 % de ceux qui utilisent notre service peuvent déjà rentrer avec un seul pied, et sans équipement lourd, dans l'agriculture de précision. Ils font des modulations manuelles et s'intéressent à la façon de mieux répartir l'azote dans leurs parcelles, de façon intraparcellaire, sans pour autant avoir la vision intégrée des systèmes informatiques. Aujourd'hui, un matériel de modulation automatique coûte environ 20 000 à 25 000 euros de plus lors de l'achat d'un pulvérisateur ou d'un semoir. Le fait de moduler à la main, avec un vieux semoir, en accélérant la vitesse, ou en la diminuant un peu, permet à l'agriculteur de se rendre compte qu'effectivement à la moisson, il évaluera une différence, il verra une hétérogénéité qui aura été comblée.

On oppose souvent au coût du drone la question de la rentabilité économique pour l'agriculteur. Le rendement comme vous le savez tous n'est pas composé seulement de la nutrition azotée, c'est un mix de plein de choses. Il va nous falloir plusieurs années pour réussir à obtenir des données économiques fiables. ARVALIS et Airbus ont développé une prestation basée sur des photos de satellite. Elle est déjà mise en place chez des agriculteurs depuis douze ou quatorze ans, et pourtant ils ne sont pas encore à même de fournir des données économiques précises sur les résultats : cela montre bien que c'est très compliqué. En revanche, intuitivement, mieux répartir l'azote, pour ceux qui sont équipés et qui vont jusqu'à la carte de rendement, ils peuvent voir que les cartes de rendement deviennent de moins en moins hétérogènes. En homogénéisant toute la parcelle, l'agriculteur tire le rendement et la qualité vers le haut. Nous retransmettons le conseil à l'agriculteur sous format PDF ou sous format des fichiers de modulation qui rentrent dans le GPS. Par exemple, nous rendons à l'agriculteur une cartographie, soit une carte, faite sur la campagne précédente, du taux de chlorophylle, où l'on voit des hétérogénéités se traduire dans la parcelle, ainsi que des lignes de traitement, jusqu'aux lignes de pivot concentriques,

alors que la date à laquelle a été faite la carte (le 28 avril) est antérieure à celle de la mise en route de l'arrosage. C'est la traduction du tassement du sol durant les années précédentes, là où le pivot passe, toujours au même endroit, qui produit une hétérogénéité détectable. Il y a un peu moins de développement foliaire et de chlorophylle, car ce sol tassé n'est visible qu'à partir d'une cartographie que nous produisons.

Prospective de cet outil

Cela nous permet d'avoir des ouvertures sur l'avenir et les futures applications qui seront développées. Aujourd'hui, nous n'en sommes qu'au tout début de ce genre de technologie mais, rapidement, nous serons capables de produire des analyses pertinentes, de plus en plus précises, dans la connaissance des terres. Autre exemple : la traduction des zonages faits au niveau de la parcelle et de l'azote montre qu'il y a toute une zone où il ne suffit que de mettre 10 unités d'azote, alors que dans le bout de la parcelle, il faut en mettre 80 : 70 unités de différence pour un passage en troisième apport d'azote en blé restent une différence énorme. Sur près de 3 hectares, on va mettre 10 unités, alors que la dose moyenne conseillée sur toute la parcelle, si on ne répartit pas l'azote, serait de 43. Les doses moyennes calculées sont généralement très proches du bilan prévisionnel. Elles ne s'en éloignent pas trop. En revanche, le zonage et la répartition montrent tout leur intérêt et l'azote mis est optimisé.

Nos travaux de recherche, dont nous commençons à présenter dans certains événements les résultats, concernent le zonage d'adventices. Il deviendra possible de ne traiter que les zones infestées. Nous pourrons produire des cartes de coupe de tronçon automatique. Dans ce cas, l'agriculteur devra être équipé de la coupe de tronçon qui est un outil de régulation positionné sur un pulvérisateur de trente mètres. Le constructeur définit une dizaine de tronçons de trois mètres, avec la possibilité d'allumer certains d'entre eux ou de les couper. Le conducteur peut les allumer avec des boutons dans la cabine quand il roule lentement à 10 km/h dans un champ ou pour surveiller s'il y a un champ de chardons et

allumer le bon tronçon. Mais ce n'est pas évident. En revanche, quand on est passé au-dessus à 150 m et que l'on a un pré-zonage des adventices, c'est tout de même beaucoup plus simple. Aujourd'hui, au stade où en est cette technologie, on est capable de repérer les rangs et ce qu'il y a entre, et de les zoner, mais on n'est pas encore capable de discriminer ou reconnaître les adventices. L'agriculteur et son technicien sont encore capables de nous dire s'il s'agit du chardon ou du liseron. Nous finançons une thèse en cours avec l'INRA de Dijon sur ce sujet-là, le but de cette recherche étant de réaliser une classification, par réflectance et par mesure de spectre. On pense que ce sera certainement possible avec des capteurs hyperspectraux. Nos capteurs dits multispectraux prennent quatre longueurs d'onde, tandis qu'un capteur hyperspectral va être capable de mesurer toutes les longueurs d'onde de la lumière et de les découper de dix nanomètres en dix nanomètres. Ces capteurs existent déjà, mais pèsent une dizaine de kilogrammes et valent environ 300 000 euros. Aujourd'hui, c'est inenvisageable de développer cette technologie pour ces raisons de coût, mais dans moins de dix ans, ces capteurs seront miniaturisés, leur coût réduit et un drone pourra les porter. Finalement, qu'est-ce que cela donne ? Sur cartes en NDVI¹⁶ qui est un indice de discrimination, on voit clairement des taches d'adventices et les rangs qui sont discriminés. Cela donne une carte de tronçons que l'on va rentrer dans des GPS de tracteurs afin de ne faire le traitement de la parcelle que sur les zones infectées. Cette année, nous travaillons et analysons les résultats sur une cinquantaine de parcelles en phase pilote.

¹⁶ Normalized Difference Vegetation Index.

- V -

La méthanisation et son application à l'agriculture

Thierry RIBEIRO

Thierry Ribeiro est enseignant-chercheur à LaSalle Beauvais, spécialiste en méthanisation et directeur du Département des Sciences et Techniques Agro-Industrielles.

Résumé :

La méthanisation est un procédé naturel dont l'origine est déjà ancienne, même s'il est modernisé et mis en place selon les normes du génie des procédés et mieux compris grâce à la recherche scientifique. Il consiste à produire du méthane à partir de matières organiques biodégradables, grâce à un processus microbien de fermentation anaérobie qui réalise quatre étapes biochimiques successives de transformation. Ce procédé mime des processus existant déjà dans la nature et, en particulier, dans le tractus des ruminants ou d'insectes comme les termites. Les conditions de production sont adaptables et permettent d'utiliser de nombreuses matières premières d'origine agricole, industrielle ou urbaine. Les valorisations sont nombreuses et concernent, d'un côté, des productions énergétiques et, de l'autre côté, la production de digestat utilisable à des fins d'amendements agricoles. Le potentiel de la méthanisation est globalement considérable et nous ne sommes qu'au début de sa mise en place générale. L'Allemagne est, de loin, le premier pays d'Europe¹⁷, mais montre un net

¹⁷ EurObserv'ER, Biogas Barometer, n° 224, November 2014.

infléchissement de sa politique sur ce sujet. Les intérêts pour l'agriculture sont multiples et conséquents. Néanmoins, la rentabilité économique exige un environnement spécifique et, en particulier, des subventions. Le manque de compétences pour l'accompagnement de ce type de projet augmente les coûts et les délais pour sa mise en place. De plus, l'acceptabilité sociale est faible malgré un engouement global important. La méthanisation, en agriculture, peut être pensée comme un nouvel atelier de production intégré à l'activité agricole, lequel ne change pas l'activité agricole, mais peut, dans certains cas, conduire à une nouvelle production.

Définition de la méthanisation

La méthanisation est la transformation de matières organiques biodégradables en un gaz, le biogaz, qui va être constitué de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2). Cette transformation est réalisée par une communauté microbienne, entre quatre cents et quatre cent cinquante espèces de bactéries différentes, tout cela en conditions anaérobies, c'est-à-dire en conditions privatives en oxygène. Ce n'est pas une technique moderne, ni très récente, contrairement à ce que l'on pourrait lire dans la presse, compte tenu de l'engouement pour les énergies durables dans l'actualité. Ce processus naturel a été mis en évidence par Alessandro Volta en 1776, à partir de l'étude des gaz de marais. Le méthane a bien été identifié à ce que l'on appelait, depuis longtemps, le « gaz des marais ». Nous disposons de gravures ou de témoignages, qui remontent jusqu'à dix siècles av. J.-C., concernant l'utilisation de la méthanisation pour produire de l'eau chaude utilisée à des fins domestiques ou pour alimenter un feu dans des buts domestiques ou artisanaux.

On peut montrer l'analogie entre ce processus et ce que certains animaux ruminants savent faire, telle que la vache. Le processus de méthanisation est en œuvre dans le tractus intestinal de cet animal. Mais on le retrouve aussi chez d'autres animaux de classes très différentes, par exemple les termites dont les rendements de transformation en méthane de

leur alimentation à base de produits végétaux sont extrêmement élevés. On n'a pas réussi à faire mieux, du point de vue industriel, que le termite qui, à partir d'un millimètre cube de matière organique, est capable de rendements bien plus élevés que ceux d'une vache¹⁸. Par éructation, une vache produit entre 350 et 570 litres de méthane par jour, plus 570 à 855 litres de gaz carbonique par jour¹⁹. C'est une production de gaz à effet de serre (GES) assez conséquente puisque cela représente, en France, entre 18 % et 21 % des émissions totales nationales de GES.

On peut considérer, autant d'un point de vue industriel que d'un point de vue processus, qu'il s'agit de mimer ce qui se passe au niveau du rumen, évidemment pas avec la même finalité. Pour la vache, tout est focalisé sur l'optimisation de la production de lait ou de viande, tandis que dans un méthaniseur, on va tâcher d'optimiser le flux de carbone vers la production de méthane.

Les premières applications agricoles ou domestiques modernes datent de la moitié du xx^e siècle. L'un des premiers brevets déposés par Isman et Ducellier, portant sur le procédé de méthanisation par voie sèche pour des applications agricoles, date du tout début des années 1950²⁰. On trouvait aussi une gazinière-cuisinière Gazelle à gaz de fumier proposée par les établissements P. Genévée, à Saint-Ouen Vendôme, qui permettait de faire un feu et la cuisine. De nombreuses propositions apparaissent à cette époque, néanmoins la méthanisation ne se développera pas autant qu'on pouvait le souhaiter, car il y a des freins, et même des blocages que j'expliquerai plus loin.

Dès 1922, la méthanisation est utilisée en Angleterre, comme outil pour traiter les boues d'épuration²¹. On va récupérer les boues d'épuration et s'en servir dans des gazogènes qui

¹⁸ RASMUSSEN R.A., KHALIL M.A.K., « Global production of methane by termites », in *Nature*, n° 301, 1983, p. 700-702.

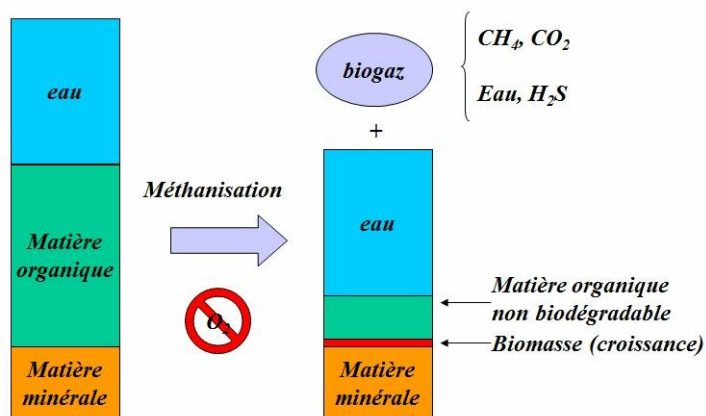
¹⁹ INRA, Production de méthane par la vache, 2006.

²⁰ DUCELLIER, G.L.R., ISMAN, A.M.L., *Cuve gazomètre pour la fermentation méthanique des fumiers et autres matières analogues*, FR53997E patent, 1947.

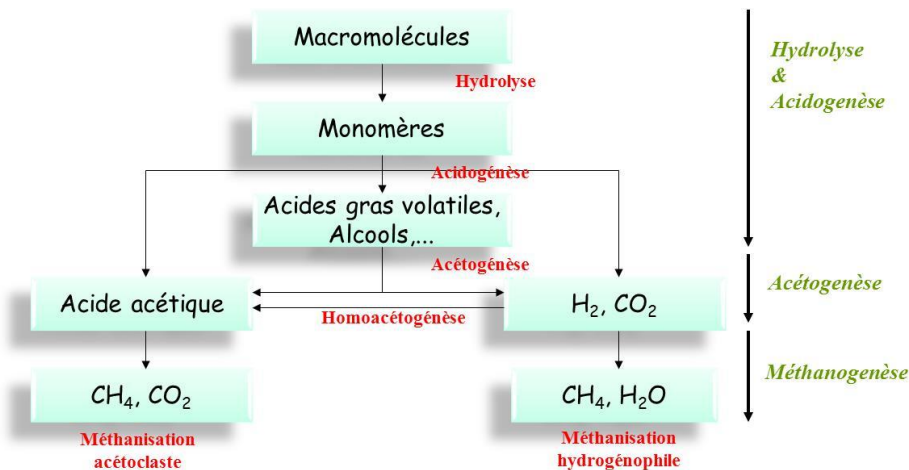
²¹ « Gas from sewage sludge runs city power plant », in *Popular Science*, March 1922.

produisent du gaz amené aux becs de gaz pour l'éclairage public de la ville de Birmingham. Ce sont donc des applications déjà bien maîtrisées à cette époque.

Quels sont les processus physico-chimiques et biologiques mis en œuvre ? La matière utilisée est composée de matière organique, de matière minérale et d'eau. Le processus de méthanisation se fait au détriment de la matière organique. Sous l'action des micro-organismes, et en absence d'oxygène, le processus va se réaliser et on observe une modification des compartiments.



La matière minérale reste inchangée : elle n'est pas « digérée ». La quantité d'eau est conservée, une petite partie pouvant passer sous forme de vapeur dans le gaz, et la matière organique va se répartir en trois compartiments : une matière organique non dégradée, typiquement la lignine, comme celle qui se trouve dans le bois ; un petit peu de biomasse, car les bactéries doivent se nourrir et croître dans cet environnement ; et puis, ce qu'on souhaite produire, le biogaz composé majoritairement de méthane et de gaz carbonique, mais aussi d'eau et d'hydrogène sulfuré, support de l'odeur d'œuf pourri si caractéristique.



Source : MOLETTA R, 2011²².

Ce qui se passe au niveau du processus biologique, c'est une succession de quatre étapes effectuées par quatre grandes familles de micro-organismes. Sans entrer dans les détails, on distingue l'**hydrolyse** – « découpage » des macromolécules en molécules plus petites –, l'**acidogénèse** – formation d'acides gras volatils (AGV) à courtes chaînes (C2, C3, C4, C5), tels les acides acétique, propionique, butyrique, valérique et des alcools –, ceux-ci sont repris par la voie de l'**acétogénèse** – formation d'acide acétique en équilibre avec le gaz carbonique et l'hydrogène dissous dans le milieu. On est très près du CH₄. Il suffit de « couper » en deux l'acide acétique, ou de former le méthane à partir du CO₂ et de l'hydrogène dissous. Cette dernière voie dite **méthanogénèse** produit du méthane, selon deux voies parallèles, acétoclastique ou hydrogénophile. La première étape est limitante du point de vue de la dégradation de la matière organique. La dernière étape est limitante du point de vue de la sensibilité des micro-organismes. Ces derniers vont être très sensibles aux variations de pH : si vous avez trop d'acides gras volatils qui s'accumulent, on observe alors un phénomène d'acidose, bien connu chez le ruminant par exemple lors de changements de rations trop brutaux, qui peuvent conduire jusqu'à la mort de l'animal si ce n'est pas maîtrisé. Par analogie, un changement de ration trop brutal peut donner les mêmes résultats dans le méthaniseur. Il faut bien avoir cette information en tête lorsqu'on passera

²² MOLETTA R., *La méthanisation*, Éditions Tec & Doc, Lavoisier, 2011, 2^e édition.

au modèle du méthaniseur – son alimentation en substrats – et qu'on voudra le piloter.

Quelques caractéristiques techniques d'un méthaniseur

Un méthaniseur (ou réacteur de digestion anaérobie) assure la dégradation de la matière organique sous l'action d'un consortium de micro-organismes anaérobies, 400 à 450 espèces, dont l'activité demande un pH compris entre 6,5 et 9, l'optimum se situant entre 7 et 8. Le potentiel rédox du mélange est une donnée qui permet de suivre le digesteur (entre -250 et -400 mV). Il existe trois conditions de température : psychrophile entre 5 °C et 20 °C, mésophile (20 °C à 45 °C), l'optimum étant à 35 °C, et thermophile (45 °C à 70 °C) dont l'optimum se situe à 55 °C. Évidemment, plus la température est élevée et plus les réactions sont rapides. Cela dit, ce n'est pas toujours très adapté de se situer à des températures trop basses ou trop hautes en fonction des conditions environnementales, et cela représente un coût énergétique de fonctionnement non négligeable. Faire du thermophile au Canada, ce n'est pas forcément ce qu'il y a de mieux. Faire du psychrophile en Afrique subsaharienne, ce n'est pas non plus l'idéal. Il faut essayer d'ajuster les deux paramètres. Dans toutes les conditions, on produit de 60 % à 80 % de méthane, le plus proche possible de 80 % dans les meilleures caractéristiques.

Les gisements de matières premières

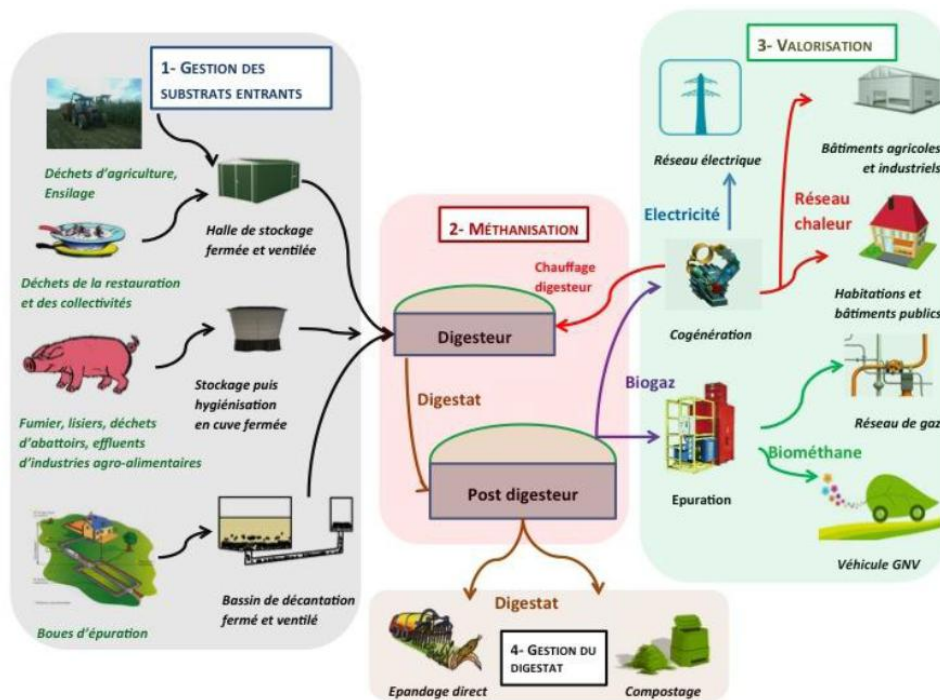
On peut regrouper en quatre grandes catégories les matières d'origine biologique que l'on peut mettre dans un méthaniseur^{23,24} : les déjections animales, les résidus de culture, les déchets des agro-industries et industries agroalimentaires, les déchets des collectivités ou des ménages. Les potentiels sont exprimés en mètre cube (m³) de méthane par tonne de matière brute. Ce potentiel est assez faible en ce qui concerne les déjections animales, car l'animal a déjà consommé le carbone pour son métabolisme orienté vers les transformations souhaitées : soit lait, soit viande. Les résidus de culture ont un potentiel beaucoup plus

²³ SOLAGRO, INDIGGO, ADEME, *Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation*, 2013, 117 p.

²⁴ AILE, SOLAGRO, ADEME, TRAME, *La méthanisation à la ferme*, 2006.

important, en fonction de ce qu'on peut utiliser. Les tourteaux de colza donnent des résultats très élevés, car ils sont issus d'un processus de séparation et concentration, lequel dépend fortement du taux de matières grasses. Ce sont les molécules les plus riches et, bien sûr, cela correspond à leur pouvoir calorique en alimentation. Les potentiels de production de méthane des agro-industries sont aussi assez élevés. Le terme déchet est un peu mal utilisé. On devrait parler de coproduits : plus ils sont riches en matière grasse, puis en polysaccharides ou sucres, plus ils ont un potentiel important. Les déchets de collectivités, notamment tontes de pelouse et feuillages, mais aussi déchets organiques des ménages (FFOM : fraction fermentescible des ordures ménagères), ont un bon potentiel. On peut faire un mix de tout cela mais, en fonction du zonage géographique, des possibilités de ressources et de consommation, on n'a pas forcément la possibilité de capter tous ces gisements. Si l'on s'intéresse uniquement aux déjections animales, on s'aperçoit rapidement qu'il y a un risque de ne pas disposer de suffisamment de matières premières à dégrader pour avoir une production de méthane importante répondant à un besoin continu. Ceci va conduire à des arbitrages, car c'est la rentabilité économique de l'installation qui peut être remise en cause²⁵. Il faut en tenir compte au démarrage de la conception d'un projet.

²⁵ Club Biogaz ATEE, *État des lieux de la méthanisation en France*, 2011.



Source : Club Biogaz, 2011.

La typologie des procédés de méthanisation

Il existe deux grandes familles de procédés qui conduisent à deux types de méthaniseurs. On peut les séparer entre d'un côté les méthaniseurs en « voie humide » ou « voie liquide, dit infiniment mélangé » et de l'autre côté en « voie sèche » ou « voie solide »²⁶. Dans les deux cas, on a deux grandes cuves qui contiennent de la matière sèche à des teneurs différentes. En voie humide, qui comme son nom l'indique, contient une large majorité d'eau, le taux de matière sèche est compris entre 8 % et 20 %, le plus souvent vers 10 %. Le milieu est mélangé par agitation mécanique. En voie sèche, le taux de matière sèche est plus élevé, généralement plus de 20 % et peut aller jusqu'à 50 %²⁷. Dans ce cas, on n'obtient pas le mélange par agitation, le mélange est réalisé par le gaz. Du coup, cela implique une géométrie très particulière pour chacune de ces deux typologies. Généralement, en milieu liquide, on trouve de grandes cuves type structure de stockage, avec un diamètre important

²⁶ MOLETTA R., *La méthanisation*, Éditions Tec & Doc, Lavoisier, 2013, 2^e édition.

²⁷ BUFFIERE P., FREDERIC S., *Les technologies de la méthanisation des résidus solides. L'eau, L'industrie, Les nuisances*, 308, 2008, p. 14-19.

(plus de vingt mètres), une hauteur du même ordre de grandeur, mais légèrement moindre et un volume utile important. Ces cuves peuvent atteindre 4 000 m³, c'est-à-dire qu'elles contiennent environ 3 m³ de remplissage, car il faut laisser une hauteur libre dite ciel gazeux, qui représente un peu plus de 10 % de la hauteur totale. À l'inverse, sur la voie sèche, on va travailler généralement en système piston ou en système batch. Dans un réacteur piston, les produits à dégrader entrent d'un côté, les produits résiduels (digestat) sortent de l'autre côté et le biogaz par le dessus. La géométrie est différente : le réacteur est horizontal et la longueur reste très accrue par rapport au diamètre (cinq à dix fois supérieure). C'est une caractéristique fondamentale si l'on veut piloter un système en voie sèche, sinon le matériau traité devient rapidement un bloc compact dont on ne peut plus rien faire et qu'il faudra attaquer au marteau-piqueur pour vider le méthaniseur...

Cette typologie conduit à la notion de production continue ou discontinue. Parmi les digesteurs en voie sèche, on trouve la production en mode garage : on remplit le garage, puis on le ferme ; on récupère le gaz durant la fermentation, puis on ouvre et on vide le garage. La production est discontinue. Dans le cas de la voie liquide, vous pouvez sortir du « digestat », autrement dit le résidu, tous les jours. En mode garage (voie sèche), on vide toutes les trois ou cinq semaines. Cela amène à des questions de productivité si l'on veut garder une production continue, car le plus souvent les besoins de consommation de gaz sont continus. Il faut, à ce moment, avoir un carrousel de garages avec avancée décalée dans le temps. En liquide, on peut avoir un ou deux méthaniseurs seulement tout en conservant une production continue dans le temps. Dans certains cas, un stockage est nécessaire pour garantir la continuité.

Les choix de l'un ou l'autre type dépendent à la fois des matières premières et des volumes. En mode industriel, on capte des volumes beaucoup plus importants qu'en mode agricole. Certaines solutions en voie sèche, industrielles, s'apparentent à des solutions que l'on connaît déjà en agriculture, des sortes d'ensilage, mais ils seront bâchés et iront jusqu'à la

production de méthane. On a connu des adaptations de pratiques agricoles, assez intéressantes à étudier, par exemple chez des pionniers dans ce genre de système, comme le Gaec du Bois-Joly, qui ont commencé dès 2008²⁸.

Dans un système continu, généralement en voie liquide, on alimente d'un côté, par le haut, et on sort le résidu de l'autre côté, par le bas. Il y a brassage et on soutire le gaz qui va être produit par surpression et sera utilisé pour différentes valorisations dont je vais parler par la suite. *A contrario*, le système discontinu demande d'être chargé, d'attendre que la matière se dégrade et une fois que c'est fini, il faut vider et on récupère le digestat. La conduite du digesteur est tout à fait différente. Ce n'est pas non plus la même quantité de temps de travail qu'il faut allouer au pilotage et au suivi de ces installations.

Valorisations et applications

En Allemagne, la production de biométhane a commencé beaucoup plus tôt qu'en France et s'est développée beaucoup plus rapidement. Pendant une trentaine d'années, l'Allemagne a privilégié l'utilisation de cultures énergétiques au point que des agriculteurs sont devenus des producteurs de biométhane en premier lieu. Le gouvernement allemand est en train de changer la réglementation et les incitations²⁹. On assiste à un changement de dogme en Allemagne, ce qui est intéressant à observer pour nous qui sommes encore aux prémices de la filière en France. C'est un point extrêmement important à considérer pour s'inspirer des exemples et ne pas copier nécessairement à l'identique ce qui a été fait chez nos voisins.

On peut, en première approche, considérer que la méthanisation s'applique au traitement des déchets solides organiques agricoles, industriels ou urbains. Mais aussi à la décontamination des sols, la dépollution carbonée des eaux usées et la réduction du volume des boues des stations d'épuration aérobies.

²⁸ AILE, Fiche de présentation du GAEC du Bois Joly, 2008 (http://www.aile.asso.fr/wp-content/uploads/2013/03/Fiche-A4_GAEC_Bois_Joly_31072008.pdf).

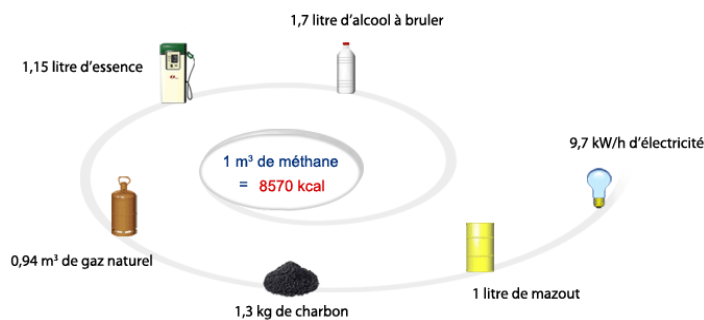
²⁹ CHAPRON T., La fin des tarifs d'achat pour le biogaz en Allemagne, 2015 (<http://www.bioenergie-promotion.fr/42250/la-fin-des-tarifs-dachat-pour-le-biogaz-en-allemande/>).

À partir de ces gisements, on produit du biogaz qui peut être valorisé de différentes manières. Parmi les applications classiques, il y a la **cogénération** : vous brûlez du gaz dans un moteur, l'alternateur va être entraîné et produit de l'électricité, tandis que les gaz d'échappement fournissent de la chaleur pour chauffer le digesteur, mais aussi pour d'autres utilités. Dans certains cas, on manque d'utilisation directe de la chaleur, ce qui peut conduire à des activités supplémentaires en plus de la méthanisation. Ceci n'est pas automatiquement judicieux. Si on peut faire de la chaleur, on peut aussi faire du froid et on parlera alors de **trigénération** : chambre froide, atelier de conservation sur l'exploitation agricole (pomme de terre, par exemple). On voit de plus en plus des projets avec injection du méthane issu du biogaz dans le réseau de gaz de ville (après épuration et compression). Le méthane issu de la méthanisation est identique au méthane du gaz naturel. Ici, il est simplement d'origine directement biologique : c'est pour cela qu'on parle de biogaz. Mais c'est le même CH_4 que celui qu'on obtient en collectant le gaz naturel ou par affinage des produits pétroliers. La seule différence est que l'un, le gaz naturel (gaz de ville), est odorisé avec des mercaptans (anciennement) ou tétrahydrothiophène (actuellement) et l'autre (le biogaz) est odorisé avec les « odeurs de la nature ». Bizarrement, l'acceptation est plus faible sur le biogaz alors qu'avec le « gaz chimique », il n'y a aucun problème. Tout le monde en a chez soi, il circule dans les canalisations, et cela pose moins de souci en termes d'acceptabilité. Dernière utilisation, c'est l'utilisation en carburant. Le biogaz est épuré, comprimé, et permet de faire rouler des véhicules, voiture, bus ou camion. Il n'y a aucun souci.

Les voies de valorisation, en résumé : 1) un traitement « léger » à partir du biogaz brut permet une valorisation *in situ* : électricité, cogénération, chaleur, avec injection possible en réseau ; 2) un traitement d'épuration qui permet de fabriquer du biométhane qui peut être injecté dans le réseau de gaz, ou utilisé comme carburant véhicule (gaz liquéfié) ; on est alors à une pression de 200 bars.

Équivalences énergétiques

Il convient de connaître les équivalences en termes énergétiques. Un mètre cube de méthane représente 9,7 kWh d'électricité produite, 8 570 kcal : l'équivalent de 1,15 litre d'essence ; ou de 1,7 litre d'alcool à brûler ; ou encore 0,94 m³ de gaz naturel ; 1,3 kg de charbon ; 1 litre de mazout. Pour illustrer le propos, 1 m³ de lisier porcin méthanisé, équivaut à 25 kWh d'électricité (soit une ampoule de 40 W fonctionnant pendant un mois), plus 30 kWh de chaleur. Quand on considère les volumes de lisiers méthanisables en France, cela commence à faire un joli potentiel d'électricité pour alimenter des quartiers ou carrément des communes.



Le digestat et ses usages

C'est ce qui reste après la dégradation bactérienne et la production de méthane. Lorsque vous mettez des matières à dégrader dans le méthaniseur, vous réduisez d'environ un tiers le volume, et il vous reste deux tiers de solide. Ces solides sont qualifiés de « digestat ». Cela a un intérêt agronomique indéniable, car les éléments fertilisants ont été concentrés (NPK), mais surtout l'azote est passé de la forme organique à la forme minérale. Il devient directement assimilable par les plantes. Il n'y a pas de perte. Lorsqu'on va considérer l'épandage du digestat sur la parcelle, on a une réduction du coût de passage du tracteur par hectare en comparaison avec un apport d'engrais chimique classique, car le digestat est concentré. Il y a également une réduction du coût de la facture d'intrants, puisque les engrais chimiques achetés sont remplacés par un autre produit obtenu en interne.

Situation du biogaz en Europe et en France

En 2015, 8 338 méthaniseurs agricoles fonctionnent en Allemagne, un peu moins de 200 en France. La politique et la réglementation sont différentes dans les deux pays. Les Allemands ont commencé à inciter et réglementer dès 1970 (loi de programmation énergétique sur les énergies renouvelables, EEG) tandis qu'en France, on commence tout juste à réglementer et assez doucement. En 2011, la production primaire de l'ensemble des énergies renouvelables (électriques et thermiques), en France, s'élève à 19,5 Mtep en 2011, soit 15 % de la production nationale énergétique³⁰. La production de biogaz, par rapport à la production d'énergie primaire renouvelable en France, représentait cette année-là, 350 Ktep, soit 1,8 % de la production d'énergies renouvelables. La tendance est à l'augmentation puisqu'on atteint 3 % en 2014. C'est encore très faible, même si au niveau du bouquet global des énergies renouvelables, au total, on est très proche des objectifs fixés par le « Grenelle de l'environnement ». EurObserv'ER produit tous les ans une cartographie européenne de la production de biogaz en Europe avec des comparaisons selon les pays³¹. On y voit la présence dominante de l'Allemagne, avec une production globale de biogaz plus de quinze fois celle de la France avec plus de 90 % de méthanisation agricole. En 2013, la France ne représente guère plus de 3 % de la production de biogaz européenne.

Le potentiel en termes de gisements est énorme. La fraction organique des ordures ménagères européennes pèse pour 200 millions de tonnes, les déchets (ou coproduits) équivalents des industries agro-alimentaires, 43 millions de tonnes en France. L'agriculture et l'élevage produisent 1 000 millions de tonnes de matière première potentielle en Europe et les déchets verts et forestiers atteignent 550 millions de tonnes. Ce gros potentiel énergétique reste sous-utilisé. On pourrait imaginer à l'avenir un déplacement progressif de notre bouquet énergétique, par rapport à ce qu'on fait en nucléaire : ce sont des pistes de réflexion importantes.

³⁰ EurObserv'ER, *Le baromètre 2011 des énergies renouvelables électriques en France*, 2011, 2^e édition, 119 p.

³¹ EurObserv'ER, *Biogas Barometer*, n° 224, November 2014.

Les enjeux de la méthanisation en France

Il y a, bien sûr, le traitement des déchets organiques (Directive Décharge du 26/04/1999³²) et le Grenelle de l'environnement qui ont donné une direction.

On sait que près de 21 % des émissions de GES en France proviennent de l'agriculture. C'est le second secteur d'émission après les transports. Le Plan Climat et Grenelle 1 ont défini comme objectif la réduction de 3 %/an, soit une division par 4 en 2050, des GES³³ à la fois par la non-émission de biogaz dans l'atmosphère et par la valorisation énergétique du biogaz. Pour répondre aux enjeux, les aspects réglementaires et les incitations (création d'une Rubrique ICPE 2781³⁴) se mettent en place, mais souvent trop lentement par rapport à celui qui a un projet. Des tarifs de rachat s'organisent. Malheureusement pour celui qui a un projet, les subventions correspondantes ont tendance à baisser.

La valorisation des digestats et leur homologation ne sont pas encore en place – il n'y a pas de normes en tant que telles. Pour le moment, il n'est pas possible de vendre du digestat, alors que pour certaines régions en excédent structurel, il n'existe pas de possibilité de les remettre au sol. Dans ces conditions, que peut-on en faire ?

Pour soutenir l'ensemble, des soutiens financiers existent. Il y a notamment le Plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote (EEMA) lancé conjointement par le ministère du Développement durable et le ministère de l'Agriculture le 29 mars 2013. L'annonce alors faite par Stéphane Le Foll et Delphine Batho fixe un objectif de développement en France, à l'horizon 2020, de 1 000 méthaniseurs à la ferme (contre 90 à fin 2012). Cette annonce sera reprise quelque temps plus tard par Ségolène Royal avec une annonce à 1 500 méthaniseurs. J'attends le prochain gouvernement avec une annonce à 2 000 méthaniseurs. Plus précisément, le plan, tel qu'il est construit, ne permettra pas d'atteindre 1 500

³² Directive n° 1999/31/CE du 26/04/99 concernant la mise en décharge des déchets.

³³ GES : Gaz à effet de serre.

³⁴ Arrêté du 10 novembre 2009 relatif aux prescriptions générales applicables aux installations de méthanisation soumises à déclaration sous la rubrique n° 2781-1. (NOR : DEVP0927295A).

méthaniseurs en 2017-2018, objectif initialement fixé. Les meilleures projections, à partir de données de l'ADEME, ne dépasseraient pas 700 méthaniseurs en 2020. C'est déjà bien ! Nous sommes actuellement à 200 et, il y a deux ans, nous étions à 40. Cela progresse. Il faut féliciter les acteurs qui se lancent dans ce genre d'action, car c'est un vrai combat.

Intérêts et difficultés de la méthanisation pour l'agriculteur

Il s'agit de la production d'énergie et de digestat, de la limitation des engrais chimiques et d'un traitement des effluents d'élevage. Cela permet, parfois, d'apporter une réponse à la mise aux normes de bâtiments d'élevage. Plutôt que de couvrir simplement ma fosse de lisier, si j'en fais un méthaniseur, je peux être gagnant, car j'aurais aussi une production d'énergie. C'est un atelier de diversification qui peut apporter des revenus complémentaires. Cela réduit le poste des achats en azote, mais aussi en herbicides, car le digestat contient moins de graines et d'adventices que dans les déjections animales directement utilisées. Il y a des regards actuellement portés sur les pathogènes. Il semble que la méthanisation réduise la quantité de pathogènes. En revanche, si on a un problème sanitaire dans l'élevage, on risque de le retrouver dans le digestat et donc dans les parcelles. Il faut rester vigilant, comme dans toute approche de recyclage.

On peut imaginer l'autonomie énergétique pour sa propre flotte de tracteurs et matériels agricole. Cela se fait beaucoup en Allemagne et en Autriche, mais très peu en France. Cette autonomie énergétique peut être importante sur certains territoires, éloignés des réseaux pour récupérer l'énergie, mais aussi pour la renvoyer sur le réseau. Si vous êtes sur un versant escarpé, en zone montagneuse, il peut n'être pas facile de se raccorder sur un réseau de gaz ou électrique.

L'analyse des motifs de choix de méthanisation d'effluents agricoles pour les agriculteurs a été réalisée par le Club Biogaz, en 2011, en enquêtant 41 installations agricoles³⁵.

³⁵ Club Biogaz ATEE, *État des lieux de la méthanisation en France*, 2011.

Majoritairement, ce qui ressort, ce sont les économies et/ou la vente d'énergie, les nécessités économiques, la qualité agricole du digestat, la réglementation environnementale, l'image et la communication. Ensuite, viennent le traitement des odeurs et la diminution des masses à manipuler.

Michel Lucas a évoqué précédemment les principales difficultés rencontrées. C'est en premier lieu le temps de réalisation des projets : quatre ans, c'est déjà rapide, certains demandent dix ans. Dans la région Picardie, il y en a un qui a jeté l'éponge après douze ans. Les délais sont dus à la lenteur et la lourdeur des démarches administratives, car le personnel administratif n'est pas formé, ni qualifié à traiter de tels projets. Il n'y a pas que le côté « je ne veux pas le regarder », c'est aussi qu'on ne sait pas non plus le regarder, même si cela s'améliore grandement. Auparavant, les demandes étaient instruites par les Directions Sanitaires et Vétérinaires (DSV), les DREAL ou les DRIRE. Maintenant, cela a été centralisé sur les Directions Départementales de la Protection des Populations (DDPP). On a gagné en efficacité sur les traitements des dossiers. À ce temps-là, il faut ajouter, chose non négligeable, le temps de raccordement aux réseaux de distribution, certes, pour le réseau électrique mais aussi le raccordement au réseau de gaz pour lequel c'est encore plus long. Depuis trois ans, 300 à 350 dossiers attendraient une réponse à leur demande d'injection auprès de GrDF, mais il n'y a actuellement que deux unités de méthanisation raccordées sur le réseau de gaz aujourd'hui... On attend toujours, et pourtant il y a de vrais besoins. Les tarifs de rachat sont également un problème. Les modèles économiques montrent que cela ne passe que si c'est subventionné. Or, le concept actuel ne s'y prête pas. D'autant que même si l'agriculteur est subventionné, les taux de subvention chutent actuellement de manière assez drastique. Certains projets ont été subventionnés à hauteur de 60 %, mais la moyenne est de l'ordre de 25 à 30 % sur les installations réalisées. Actuellement, on est tout juste à 20 %. Cela décroît progressivement, mais inégalement selon les régions. Avec les tarifs d'achats actuels, pour qu'une installation soit rentable, elle doit forcément être subventionnée, à moins d'être de taille très conséquente, avec une production supérieure à

1 MWh. Le développement de la méthanisation est donc totalement dépendant des aides publiques. On finit avec une rentabilité des installations trop basse à cause de coûts globaux d'investissement trop élevés et des aides trop faibles (tarifs d'achat et subventions).

Finalement, il y a manifestement un manque d'expertise, insuffisamment d'acteurs capables d'aider, d'accompagner, aussi bien au niveau des bureaux d'études que des instances administratives qui gèrent les dossiers. Il y a un besoin de formation pour les acteurs (les agriculteurs) et également un problème d'acceptabilité sociale que j'évoquais tout à l'heure, car le sujet est méconnu du grand public. C'est vrai aussi que certains dossiers, surtout dans le traitement médiatique, tels que celui de la ferme des mille vaches près d'Abbeville, n'aident pas forcément à aller dans le bon sens, au contraire. Cela cristallise l'attention et le résultat est plutôt un rejet en bloc par la population. Il y a des avis partagés, des arguments dans les deux sens. Il faut regarder et considérer la méthanisation pour ce qu'elle est et pas forcément uniquement sous l'angle des nuisances réelles ou supposées.

J'ai repris deux exemples de projets. Après plus de six ans de réflexion, les Dondaine, agriculteurs à Athie, envisagent de créer leur unité de méthanisation. En juin 2015, une pétition contre le projet a recueilli 205 signatures sur 230 habitants. Le principal grief était le passage de deux camions par semaine dans le village... En 2005, une usine de méthanisation-compostage aux portes de Gournay n'a pu être construite. Gournay Environnement (association d'usagers) a obtenu l'abandon du projet...

Conclusion

Le méthaniseur ne reste finalement, en termes de process mais aussi de conduite, ni plus ni moins qu'un ruminant particulier avec une finalité différente. Il produit du méthane en priorité contre lait et viande pour le ruminant. Du coup, cela change la vision de l'exploitant. Il va y avoir un changement d'échelle au niveau de l'élevage. J'étais éleveur de vaches et maintenant je suis aussi éleveur de bactéries, l'entité bactéries-méthaniseur devient une nouvelle étable... Je gère un troupeau, mais il ne se comporte pas exactement de la même

manière. C'est peut-être plus difficile de conduire le troupeau de bactéries que le troupeau de vaches, pour différentes raisons, mais à ce jour il n'y a pas à proprement parler d'élevage ou de mise en culture de bactéries spécifiques.

En effet, cela poserait d'autres soucis de vectorisation de micro-organismes et de relargage dans le milieu naturel. Certains y pensent, mais on sera probablement dans une problématique de type OGM. On ne peut pas disséminer dans l'environnement des bactéries modifiées. Certains aimeraient bien réunir les quatre familles de micro-organismes en un seul organisme capable de réaliser les quatre étapes de transformation. Ce nouveau micro-organisme ferait tout, tout seul. On est quasiment dans la science-fiction. C'est un imaginaire proche de celui des agneaux avec des morceaux de méduse...³⁶

Mais il faut regarder cet atelier de transformation comme les autres présents sur une exploitation agricole. L'agriculteur ne doit pas changer de métier. Cela reste une machine agricole comme une autre, qu'il doit être capable de piloter. Il faut trouver les moyens de rendre le système le plus simple d'utilisation et nous y travaillons à LaSalle Beauvais. Il faut des systèmes de supervision, d'aide à la conduite du procédé, les plus simples possible. Besoin de simplification, mais aussi besoin de former les exploitants autant à la conduite du procédé qu'à la compréhension des mécanismes. Le méthaniseur doit s'intégrer dans l'activité de l'agriculteur, sans lui prendre la moitié de son temps, parce qu'il doit faire la tournée de contrôle des capteurs ou resserrer des vannes. Autrement dit, il faut éviter de passer au mode plombier, électricien, alors que son métier de base, c'est être agriculteur.

³⁶ Un animal génétiquement modifié avec une protéine de méduse par l'INRA pour les besoins de la science s'est retrouvé dans la chaîne alimentaire, juin 2015.

- VI -

L'agroforesterie, clé de voûte de l'agro-écologie ?

Aubin LAFON

Aubin Lafon remplace et représente Alain Canet qui ne pouvait pas être présent au séminaire. Jeune ingénieur en agriculture, il est chargé de mission à l'AFAP (Association Française d'Agroforesterie).

Résumé

L'agroforesterie peut être considérée comme une reprise de pratiques anciennes combinant agriculture et arbres. Cela correspond à une recherche de synergie entre arbres et cultures, voire pâturages et élevages. Cette combinaison peut être optimisée. Il faut noter qu'il est difficile de définir un modèle et qu'une approche au cas par cas semble de rigueur. On peut à la fois augmenter la production globale, combiner la production d'énergie et la production alimentaire, augmenter la fertilité des sols et stocker le carbone. Cette culture complexe demande la mise en réseau des agriculteurs et la participation des scientifiques. L'agroforesterie participe d'une approche agro-écologique des territoires.

Qu'est-ce l'agroforesterie ?

Je vais décrire ici l'agroforesterie au sens large. Précisons que, de fait, l'agroforesterie n'est

pas une invention actuelle. On peut dire que nos « ancêtres » la pratiquaient déjà en faisant de l'agriculture, notamment dans les pays tropicaux. Il s'agit d'une réappropriation de pratiques déjà usuelles dans de nombreuses fermes, notamment traditionnelles, surtout hors d'Europe, ainsi que dans quelques cas en France. Aujourd'hui, nous avons mis, derrière ces pratiques, un mot qui permet de les qualifier, et par conséquent permet aussi de les normaliser et de les optimiser. Pour revenir sur la définition, on peut dire que l'agroforesterie est une mise en valeur du sol avec une association simultanée et séquentielle de ligneux, de cultures herbacées et d'animaux afin d'obtenir des produits et des services utiles à l'homme. Cette définition permet de situer clairement les objectifs, car elle reprend la notion d'une mise en valeur du sol par une activité agricole en spécifiant une complexification avec des animaux, des arbres et des cultures.

On peut montrer, aujourd'hui, différents systèmes agroforestiers, notamment dans le Sud-Ouest, chez des agriculteurs qui mettent en place des systèmes particuliers. On constate qu'avec l'agroforesterie, on évolue vers une diversification et une intensification de la production dans le temps et dans l'espace consistant à s'appuyer au maximum sur des effets synergiques. On peut voir des trognes avec de l'élevage, des vignes avec des arbres, du maraîchage et des saules qui sont plantés sous des serres. La multitude de configurations en agroforesterie rend son étude passionnante. Évidemment, cette diversité a aussi ses limites, puisqu'il devient très difficile d'appréhender toutes les interactions entre le sol et les végétaux, alors qu'il est indispensable, si l'on veut optimiser le système, d'appréhender simultanément le sol, le climat et les plantes, herbacées ou ligneuses. Quand on parle d'agroforesterie, on ne parle pas uniquement de l'arbre, mais bien de tout ce qui compose les systèmes agroforestiers, soit les différents végétaux (ligneux et herbacés), le sol et le climat, d'où une vision systémique de la parcelle en question.

Pourquoi l'arbre est-il associé aux cultures ?

Pourquoi vouloir redonner une place à l'arbre hors de la forêt ? Vous voyez sur cette photo, prise dans le Gers, un chêne en plein milieu d'une parcelle qui, outre son aspect factuel, porte une charge symbolique. Souvent, en d'autres lieux, on se serait empressé d'enlever ce chêne. Souvent, l'arbre, ou des arbres, matérialise une borne entre deux parcelles. Ici, on n'a pas l'impression d'avoir deux parcelles, aussi il peut être intéressant de savoir pourquoi on a gardé cet arbre. L'arbre a de nombreux mécanismes physiologiques spécifiques qui lui confèrent, notamment ici sur cette diapositive, le statut de pompe à nutriments.

Des recherches faites à l'INRA UMR SYSTEM à Montpellier, depuis quelques années, l'ont montré, comme la remontée d'éléments nutritifs en profondeur jusqu'à la surface ou le rôle de filet de sécurité permettant l'interception des éléments nutritifs ou polluants drainés au-delà de la profondeur des racines des cultures et leur recyclage. L'arbre va permettre, grâce à son système racinaire qui peut descendre beaucoup plus en profondeur que les cultures, de récupérer des éléments minéraux, de les remettre en surface grâce à la litière – les feuilles qui retombent au sol – et aussi d'intercepter des polluants qui pourraient « échapper » aux cultures qui en auraient ou finir dans les nappes profondes. Grâce à leurs systèmes racinaires qui s'étalent en dessous des racines des cultures et à leurs branches qui s'étalent bien au-dessus des cultures, ils peuvent limiter ces effets polluants tout en favorisant des remontées de nutriments des couches profondes du sol.



Grâce à l'arbre, un effet d'ascenseur hydraulique permet aussi une redistribution nocturne

d'eau en surface, provoquant un microclimat tempéré, de la surface du sol aux branches. On verra par la suite que cela peut être intéressant lors d'une évolution du climat voire d'un changement climatique d'avoir des arbres. Cela va tempérer le microclimat à proximité des arbres et favoriser certaines cultures ou certaines variétés.

Avec l'arbre, il est possible de freiner, filtrer et fixer les flux d'eau grâce à la combinaison de végétaux herbacés et arborés. On peut reprendre la définition de l'agroforesterie : celle de travailler avec les arbres et les cultures. On ne se contente pas de travailler ou d'identifier les avantages de l'arbre. On prend bien le système dans sa globalité. En conséquence, dans l'agroforesterie, on s'intéresse aux différentes techniques d'implantation des cultures qu'il y a entre les arbres, qui sont des cultures pures ou associées – blé, pois et ainsi de suite – mais aussi les cultures intermédiaires pendant la période d'interculture où, classiquement, en hiver, quand on est en travail du sol, le sol étant nu, il ne bénéficie pas de la photosynthèse. On s'intéresse à toutes ces cultures pour favoriser la couverture permanente du sol.

L'INRA de Montpellier a réalisé des études montrant les avantages de l'agroforesterie. Des modélisations ont été réalisées. En ce qui concerne le blé, la culture ne capte pas plus de 30 % du rayonnement annuel incident. Avec des arbres associés, on dépasse les 40 % du rayonnement global, car la part captée par les arbres ne se fait que partiellement au détriment des blés. En forêt, toute la captation du rayonnement incident est prise par les arbres et peut s'évaluer par leur croissance. Un système agroforestier sera construit pour optimiser la captation de l'énergie solaire sur plusieurs étages. Plantant des arbres sur la parcelle, vous allez augmenter la captation de cette énergie. Et vous avez aussi du blé qui va capter une part supplémentaire de cette énergie solaire. En juillet, le blé étant moissonné, vous avez le temps de mettre aussitôt une culture intermédiaire, dont l'installation est favorisée par la présence des arbres – microclimat régulateur – qui continuent à capter de l'énergie. Dans ce modèle de cultures continues associées à des arbres, on cherche à maximiser la captation de cette énergie solaire – gratuite – dont on peut capter plus de 50 %.



L'augmentation du stockage de carbone entre un témoin agricole classique, sans arbres, et une production avec arbres – agroforesterie – est de 863 kg de carbone par hectare et par an. Ces 863 kg proviennent essentiellement des restitutions des résidus : restitution des racines des arbres et des cultures ; restitution des herbes qui sont sur la ligne d'arbres plantée et aussi des feuilles et des branches qui proviennent de l'arbre agroforestier. On augmente le stock de carbone dans la parcelle, soit durablement dans le bois et les racines des arbres, soit un peu moins durablement et, à plus court terme, dans les sols via le retour de cette matière organique (feuilles) qui est assuré par les arbres.

L'arbre, comme toute plante, assure aussi la fertilité du sol. Cette fertilité est un triptyque : il y a la composante physique, structurelle ; la composante chimique qu'on a souvent cherché à améliorer par des apports ; et la composante biologique qui revient au goût du jour via les techniques culturales simplifiées et, bien sûr, l'agroforesterie combinée au semis direct sous couvert, pour améliorer non seulement les stocks de matière organique, mais aussi la vie dans le sol (micro-organismes, petits invertébrés, etc.).

L'agroforesterie, une forme d'agriculture complexifiée

Les parcelles agroforestières conduisent à une complexification du système et permettent

d'introduire des auxiliaires et des pollinisateurs, aux cultures mais aussi des ravageurs qui vont s'autoréguler. Quelques études montrent des communautés de pollinisateurs qui sont beaucoup plus diversifiées sur les parcelles d'agroforesterie en comparaison aux témoins agricoles classiques. Les insectes aphidiphages – qui consomment des pucerons –, sont plus diversifiés sur des parcelles en agroforesterie. Globalement, on constate que la population des ennemis naturels des pucerons n'est pas très différente entre un blé en agroforesterie et un blé conventionnel quand le paysage est déjà complexe autour. Je viens de Dordogne. Le paysage autour des parcelles agricoles reste complexe et varié avec beaucoup d'arbres et de haies. L'agroforesterie consiste à se retrouver dans une situation voisine, comparée à d'autres régions où on a moins de haies, moins d'arbres isolés, moins de complexification du système de production. Il faut donc penser aux parcelles, mais aussi aux pourtours des parcelles : bandes enherbées, fleuries, etc. Il est possible d'avoir des fleurs toute l'année et de nourrir les pollinisateurs par les arbres, les cultures principales ou les cultures intermédiaires pendant l'interculture.

Le principe – celui de créer des agrosystèmes, écosystèmes complexes – copie le fonctionnement de la nature autant qu'il se peut et doit être construit pour utiliser correctement les ressources disponibles sur la parcelle. Ces agrosystèmes doivent également être optimisés pour être capables de produire et de préserver l'environnement. Il s'agit d'éviter la séparation entre les deux mondes de la forêt et de l'agriculture, lesquels ont longtemps été séparés – presque totalement depuis l'origine en Occident... L'idée ici est de les rassembler car des thématiques sont communes et des synergies possibles. Finalement, en essayant de remettre des plantes qui couvrent au maximum le sol, on cherche à refaire de l'agronomie au sein même des parcelles, afin d'économiser les facteurs de production.

Une analyse économique est possible : l'obtention de plus de fertilité conduira à mettre moins de fertilisation intrante. Plus de pollinisateurs et de relations entre ces pollinisateurs et ces auxiliaires conduisent à des autorégulations et à moins d'utilisation de produits

phytosanitaires. On gagne en autonomie en limitant les intrants. Dans ce contexte apparaît une nécessité de revoir le pilotage de ces parcelles, parce que c'est quand même assez compliqué. Entre les cultures, les intercultures et les arbres, les logiques économiques sont différentes. La valorisation ne s'obtient pas dans les mêmes durées. On part de constatations empiriques, mais on ne sait pas tout. Le but est de conserver et d'améliorer les sols, optimiser la photosynthèse par ces différentes strates de récupération des rayonnements solaires, gérer et protéger l'eau en mettant au cœur du dispositif de cette gestion le couple « sol-végétal » qui est en fait un couple complexe « sol-plante-arbre ». Systématiquement, il faut gérer le sol ainsi que les différents végétaux et vice versa. On ne peut pas s'occuper que d'une des composantes.

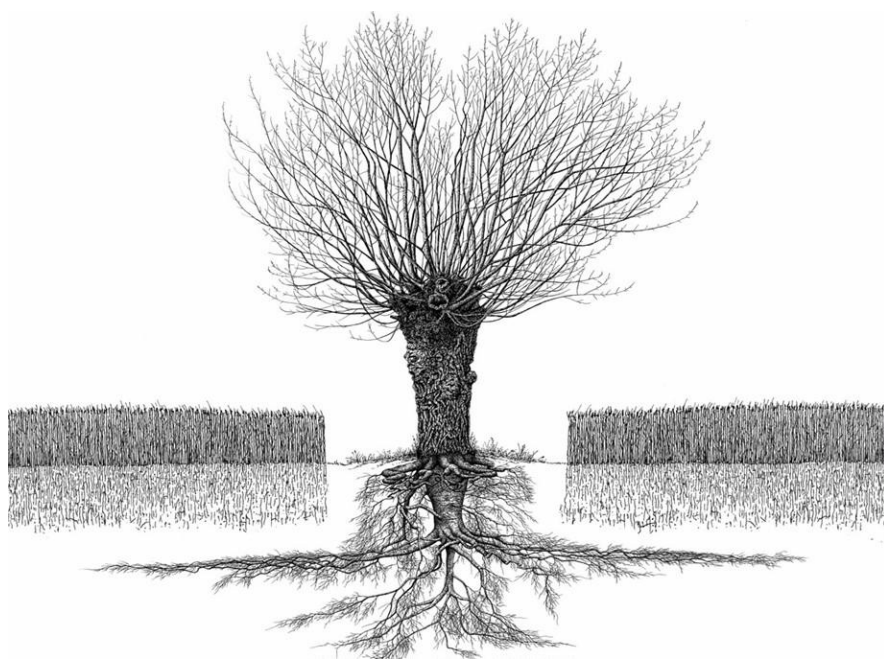
Le ministère de l'Agriculture demande que, chaque année, les taux de carbone dans les sols agricoles augmentent en moyenne de 4 pour 1 000. Un agriculteur d'un réseau d'agriculteurs du Sud-Ouest a mis en place une rotation qui est bien rodée en 2014 avec du savoir-faire, des techniques, des connaissances, des spécialistes qui viennent l'aider (semis direct sous couvert, interculture, etc.). Sur cette rotation, le bilan humique est de 7 tonnes d'humus par hectare et par an, soit 700 grammes par m² par an, ou encore une tonne de bilan carbone positif par hectare et par an. Ces calculs de routine sont faits avec les agriculteurs pour leur donner des indicateurs de suivi afin d'améliorer le taux de matière organique dans leurs sols. Ici, avec cette rotation-là, avec cet agriculteur, l'augmentation est de 16,8 pour 1 000. Pourtant, cet agriculteur-là ne met pas encore en place d'agroforesterie. Il a un projet agroforestier. En rajoutant des arbres dans des densités optimales, il va augmenter encore le stock de carbone qui va retourner au sol et celui qui est séquestré dans le bois. On devrait atteindre 25 ou 30 pour 1 000.

Cet agriculteur, en 2000, ne produisait que du maïs. La période d'interculture restait nue et ne bénéficiait pas de la photosynthèse. En 2014, soit quatorze ans plus tard, il avait revu complètement ses pratiques. Il était passé au système de semis direct sous couvert végétal.

Durant le cycle annuel, il a le temps de faire un couvert estival qui est restitué au sol, un deuxième couvert qui est un méteil destiné à l'alimentation animale, notamment pour gagner en protéine et augmenter son autonomie protéique. Il fait toujours du maïs. Il lui a fallu quatorze ans de transition entre un système avec labour et un système complet en semis direct sous couvert. L'agriculteur a gagné en expérience et en technicité. La production de carbone destinée à la consommation était, jusqu'en 2000, de 4 tonnes. C'était uniquement du maïs grain qui partait à la consommation. En 2014, elle atteint 9,6 tonnes, car les rendements en maïs ont augmenté et ceux en méteil, absents en 2000, sont présents en 2014. Il a plus que doublé sa production exportée vers la société. En conséquence du changement de ses pratiques, les flux de carbone ont été transformés. Avant, il déstockait du carbone en travaillant le sol. Maintenant, il a tendance à stocker du carbone en étant en semis direct, avec comme résultat une production globale nettement supérieure destinée à la société. Il émet des gaz à effet de serre puisqu'il utilise du gasoil, des fertilisants, des produits phytosanitaires. Mais le bilan global est devenu nettement plus positif. Le même agriculteur peut comparer ses résultats de deux années, séparées de quatorze ans, après une évolution personnelle et technique. Il croyait que le labour était la meilleure solution. Or, maintenant, il se dit que tout compte fait, en 2014, c'est bien le semis direct la meilleure solution. Il est passé d'une faible production en 2000 avec sûrement des pollutions et en laissant les sols nus toute l'année à une production proche du double, associée à une séquestration de carbone augmentée et une protection des sols, donc une préservation de l'environnement.

Il va pouvoir pousser le curseur un peu plus loin. On est en 2014. L'agriculteur n'a pas encore installé d'agroforesterie, mais il a pour projet de la mettre en place. La difficulté spécifique de l'agroforesterie reste le fait d'avoir une vision à long terme. Ce n'est pas du jour au lendemain qu'il va pouvoir stocker une tonne de carbone de plus dans ses sols, ni qu'il pourra produire du bois. C'est la grande difficulté, et il faut en être conscient. Cela ne se fait pas du jour au lendemain, mais il faut bien commencer à un moment. Donc, si cet

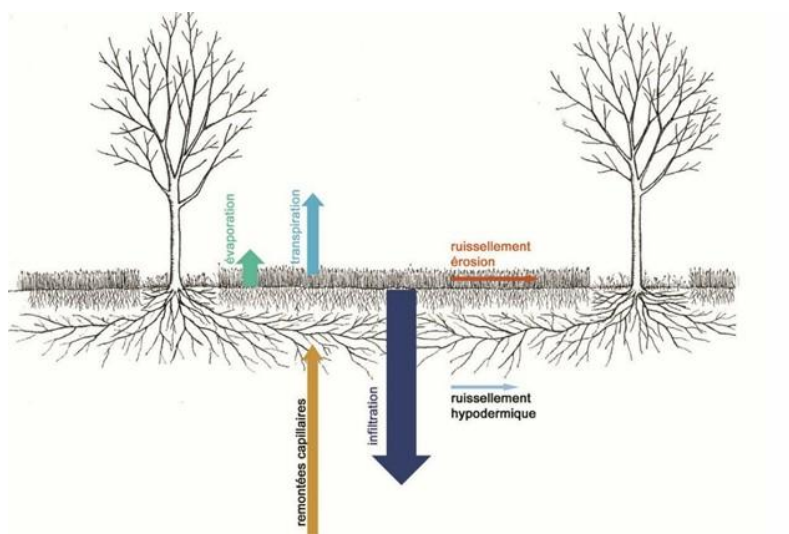
agriculteur-là décide de mettre en place de l'agroforesterie, il pourra apporter en plus des fruits et des fourrages à l'alimentation du bétail, ce qui se fait chez certains éleveurs, notamment dans le Piémont pyrénéen. Des racines, des feuilles et des branches viennent conforter le bilan humique sur la parcelle et aussi réduire l'émission des gaz à effet de serre. Approximativement, selon l'étude faite à Restinclières, là où nous avons le plus de recul sur ces pratiques, il apparaît qu'on est capable de stocker une tonne de carbone par hectare et par an en plus, comme conséquence de l'agroforesterie. Par exemple des parcelles qui sont en blé avec des noyers qui ont aujourd'hui près d'une vingtaine d'années. Grâce aux haies en périphérie, on est capable de stocker en plus 0,2 tonne par hectare et par an. Il s'agit de jouer sur chacune de ces variables, les augmenter ou les diminuer, grâce à la présence d'arbres en plus sur le système.



Dans les systèmes agroforestiers comme dans d'autres systèmes de production, on est capable de nourrir trois fois, c'est-à-dire à trois niveaux différents. La première fonction d'un système complexe agricole est de nourrir le sol afin de maintenir sa fertilité. La deuxième est de nourrir les animaux et les habitants. La troisième est de produire de l'énergie renouvelable. Il faut arriver à trouver un consensus à destination de ces trois productions, en

optimisant les synergies.

Les productions qu'on peut valoriser sous forme de bois peuvent être dans la parcelle d'agroforesterie. On appelle cela l'intraparcellaire. Elles peuvent être autour des parcelles. Elles peuvent être le long des cours d'eau. Il peut y avoir du bois de bosquet et ainsi de suite. Ces parcelles-là font intervenir différents cœurs de métier répartis sur tout un territoire. La valorisation des produits issus de l'agriculture est annuelle. Souvent, on dit qu'il faut faire de l'agroforesterie dans le but de valoriser le bois d'œuvre. Honnêtement, les agriculteurs qui plantent aujourd'hui pensent à leurs enfants. Ils cherchent à planter des arbres, notamment pour des gains de fertilité, pour essayer de faire une valorisation de la biomasse à court terme, donc tout ce qui est bois d'élague, bois BRF et ainsi de suite. Ils cherchent surtout à retrouver une qualité paysagère et à limiter les risques érosifs. Ils ne pensent pas forcément à la valeur économique de la bille de bois d'œuvre qui va arriver dans le long terme.



On constate ainsi que nourrir trois fois reste possible. Il faut juste appliquer les bonnes pratiques culturales et couvrir les sols avec des strates les plus diversifiées possible. C'est à ce titre qu'il faut reconsidérer la place de l'arbre et le voir aussi comme une production sur un terme plus long et pas seulement comme un élément fixe qui est là juste pour objectif de limiter l'érosion. Un consensus est nécessaire, au-delà de l'exploitation d'un seul agriculteur, pour produire durablement sur un territoire et répondre aux différents enjeux qui sont

recensés.

Variété des systèmes agroforestiers

Peut-on définir précisément un système agroforestier modèle ? Et comment met-on le en place ? En réalité, à ce jour, il n'y a pas de norme, pas de méthodologie définie... vous faites tout ce que vous voulez... Aujourd'hui, je peux inventer un système agroforestier qui ne soit peut-être pas le plus performant, mais qui a au moins la particularité et le mérite de m'être propre, car il est adapté à ma situation, à mes intentions. Qu'est-ce que je veux valoriser ? Quel est le matériel dont je dispose et qui doit passer entre mes arbres ? Comment est constitué mon parcellaire ? Ainsi de suite. On ne peut pas proposer un système entier clef en main. Il faut penser à l'avance à l'optimisation des passages, qu'il s'agisse des cultures ou des arbres. Penser aux espèces à planter et aux produits à valoriser : bois, feuilles, fruits... Il faut partir de la trajectoire de l'agriculteur, comprendre ce qu'il veut, monter le projet avec lui, et cela marche, car c'est son projet. Les agriculteurs en agroforesterie ont monté **leur projet** et le tiennent jusqu'au bout. Certains sont en travail du sol, d'autres en semis direct. L'essentiel, c'est qu'il marche. Après, il y a de petites erreurs à ne pas faire. L'agriculteur peut acquérir les nouveaux modes de raisonnement avec des techniciens agroforestiers qui font cela tous les jours. Notre slogan serait : « *Laissez place à l'imagination et pensez à tout bien calculer pour que l'arbre ne soit pas une gêne.* » En effet, si l'arbre devient une gêne... Par exemple si quand je passe un coup de *cover crop*, j'ai deux plants d'alisiers qui sautent au bout d'une ligne parce que je n'ai pas laissé de tournière... Forcément vous entendrez : « *Votre plantation ne marche pas. Vous avez tant de perte d'arbres sur la plantation !* » Or, cela a mal été configuré à l'origine. Il faut faire attention dès le début. Les agriculteurs, une fois qu'ils ont planté des arbres, ne sont pas prêts de les arracher. Aussi ne faut-il pas pousser à planter plus que nécessaire.

Nous avons aujourd'hui de plus en plus de photographies de parcelles agroforestières en France, en système tempéré, avec des arbres encore très jeunes. En systèmes tropicaux, on

voit des arbres beaucoup plus développés. En France, on a très peu de recul avec chez les agriculteurs, des parcelles ayant au moins dix ans de plantation. La plus vieille reste celle appartenant à l'UMR-System de Montpellier à Restinclières dont les plantations ont plus de vingt ans. Ce sont soit uniquement des noyers, soit uniquement des peupliers, des systèmes qu'on ne fait plus aujourd'hui chez les agriculteurs. Dans ce dernier cas, la plupart des systèmes ont au maximum six-huit ans. Donc l'arbre a encore peu d'importance et prend très peu de volume dans ces parcelles-ci. Même s'il n'a que deux ans, trois ans, quatre ans, cinq ans..., il joue déjà son rôle d'arbre qui s'amplifie avec le temps.



La nécessité des réseaux d'agriculteurs

J'ai observé ce qui se passe quand les agriculteurs innovent. Nous avons de plus en plus d'agriculteurs dans différents réseaux et on essaie de discuter avec eux, parfois en « off », car cela permet d'aborder des choses concrètes peu saisissables devant un cahier ou face à un ordinateur. Les agriculteurs sont soumis à un ensemble d'exigences et d'attentes : du monde réglementaire, ou de la société, ou encore des exigences d'une filière, des territoires. Ils sont un peu inquiets. Certains sont parfois dans des impasses. Comment font-ils pour relever ces défis ? Certains ne peuvent pas bouger, car ils n'ont pas la connaissance ni le

savoir-faire. D'autres essaient d'évoluer, mais ce n'est pas facile parce qu'on leur « tape souvent sur les doigts ».

Je note de nombreux « dires d'agriculteurs ». Pour la plupart de ceux que j'ai rencontrés, je constate qu'ils sont conscients qu'il est nécessaire de faire évoluer les pratiques, mais ils sont confrontés – c'est le premier message qu'ils me transmettent – à un manque de connaissances, de techniques et de matériels. Souvent ils seraient prêts à passer le cap, mais à cause de ces manques, ils n'amorcent pas le changement. Ensuite, ils témoignent souvent d'une absence de soutien et d'accompagnement. Un agriculteur a besoin d'être rassuré. Il a besoin d'échanger, de partager avec quelqu'un qui cherche à l'aider, à le faire progresser et, surtout, il a besoin de se mettre en réseau, aller voir d'autres agriculteurs qui savent faire, qui se sont trompés, puis qui ont réussi aussi. Quand il revient chez lui, il a accumulé du savoir, des questions et des réponses, des idées de méthode. Il peut essayer d'avancer, notamment sur les techniques d'agroforesterie.



Dans tout ce qui touche au semis direct, nous n'avons pas encore beaucoup de recul. Les agriculteurs comme celui dont je vous ai parlé, qui ont quatorze ans de travaux et de progrès, sont encore peu nombreux. Mais désormais les réseaux se sont constitués. De plus

en plus d'agriculteurs s'y intéressent maintenant. Mais l'agroforesterie reste plus compliquée. Il y en a, proportionnellement, beaucoup plus dans le Sud-Ouest, car il y a une trentaine d'années, ils ont arraché les haies et les arbres pour étendre les parcelles et répondre aux besoins du remembrement. Or, le relief est très marqué : ce sont des successions de collines et coteaux. Dès qu'il tombe 50 mm en une heure, ce qui arrive souvent en automne ou hiver, les capacités d'absorption des sols sont dépassées. Sur les sols, nus généralement à l'époque des pluies importantes, on voit très facilement les phénomènes d'érosion : « *Cela tape à l'œil !* » Des agriculteurs se sont dit qu'il se passait quelque chose d'anormal. Ils ont compris que ce n'était pas une fatalité et qu'il fallait trouver une solution. Ils se sont sentis responsables de leurs terres et, en même temps, ils voyaient bien qu'il n'était pas possible de continuer ainsi. C'est pour cela que, dans le Sud-Ouest, beaucoup de plantations d'arbres ont été réalisées et des associations d'agriculteurs ont promu ces techniques. La prise de risque est importante et mériterait d'être soutenue davantage. Encore aujourd'hui, les agriculteurs qui essaient de faire évoluer leurs pratiques représentent une minorité. Il serait utile que des soutiens techniques, des accompagnements, des échanges puissent les aider dans ces nouvelles pratiques d'innovation agronomique. Cela fait partie des freins pour la mise en place de ces pratiques.

Il y en a, évidemment, qui travaillent bien et innovent. J'ai pris de nombreuses photos chez des agriculteurs. On revoit des pratiques déjà présentées par les autres orateurs, avec des semis directs, de l'agroforesterie, du blé dans du trèfle. On voit souvent des travaux remarquables, malheureusement insuffisamment relayés, transmis, discutés, promus ou même mutualisés. L'idée est d'essayer de les accompagner un maximum, à la fois pour développer les connaissances et les savoir-faire, mais aussi pour diffuser ces puits de connaissances et de savoir-faire qu'eux seuls ont et qui ne sont ni l'objet de recherche, ni étudiés, ni promus par des structures institutionnelles.

Ces agriculteurs créatifs et innovants représentent une minorité. Ils sont souvent contrariés

par les regards des autres personnes, agriculteurs qui les entourent ou même ruraux non agricoles. C'est vraiment un frein au déploiement de ces savoir-faire. Cela est bien identifié notamment dans le Sud-Ouest où la discussion avec le voisin change fortement dès que l'agriculteur sort du lot et innove. Les agriculteurs innovants ont surtout besoin d'une mise en réseau, d'un partage de connaissances et de savoir-faire, de se sentir dans une méthodologie commune de suivi des performances et de la qualité des sols. Il est important qu'ils se sentent ancrés dans un groupe qui avance et qu'ils n'éprouvent pas l'impression d'être isolés sur leur territoire, bassin-versant, bassin de production, département ou région. En s'impliquant dans l'évolution de son exploitation agricole, l'agriculteur enrichit le sens de son métier : il en reprend possession. Ainsi, un agriculteur m'a dit qu'il sentait qu'il était en train d'évoluer : « *Je redonne du sens à mon métier comparé à il y a trente ans.* » En redorant leur image, d'abord vis-à-vis d'eux-mêmes, les agriculteurs peuvent reprendre en main l'évolution de l'agriculture et, de cette manière, s'intégrer socialement.

Le programme Agr'eau

Le programme Agr'eau vise, dans le Sud-Ouest, la qualité des eaux grâce à une couverture des sols. Il s'agit autant de couvertures herbacées des sols, c'est-à-dire horizontale, que de couvertures verticales via les arbres. Les partenaires fondateurs de ce projet sont l'agence de l'eau, l'IAD, l'Association Sol et Arbre & Paysages du Gers. Ce programme se poursuit jusqu'en 2017. Il est centré sur la région agricole dite Nord-Garonne. Dans ce projet-là, on essaie de mettre en coordination tous les savoir-faire des agriculteurs, de les mettre en réseau, de leur permettre de rencontrer des spécialistes, d'accroître leurs connaissances pour qu'ils progressent et deviennent en quelque sorte des points d'ancrage à différents endroits sur le territoire afin que le processus « fasse tache d'huile ». Le but du projet est aussi de conduire ce réseau d'agriculteurs à communiquer avec les autres réseaux propres au Sud-Ouest français, ainsi qu'avec ceux qui existent ailleurs en France, afin de partager leurs connaissances.

Dans ce dispositif, on a essayé de mettre l'agriculteur au centre, car l'acquisition de références se fait chez eux. Ils produisent la connaissance et le savoir-faire associé, et vont diffuser ces informations sur les deux techniques – couvert végétal et plantations d'arbres. Il s'agit de passer de ces systèmes – classiques – qui n'optimisent pas l'énergie solaire et qui sont toujours très dépendants des intrants, à un système qui bénéficie un maximum de la photosynthèse. On ne cherche pas à aller contre la nature, on travaille avec elle, tout en essayant de diminuer les intrants soit des sols toujours couverts et non travaillés, ainsi que des arbres disposés avec un souci d'optimisation.

D'expérience, on constate qu'une simple diffusion de proximité est toujours délicate. « *Nul n'est prophète en son pays.* » Cela ne fonctionne pas bien. La relation est influencée par la situation antérieure et l'esprit de compétition entre voisins. Il est beaucoup plus efficace de faire venir un agriculteur qui se situe à deux heures de voiture ou davantage. Il pourra beaucoup plus facilement témoigner de son expérience et de son savoir-faire. Les agriculteurs peuvent produire des connaissances qui viennent alimenter le projet, à condition de mettre en œuvre un réseau d'autres agriculteurs qui dépasse la petite région agricole, et de faire entrer dans ce réseau des scientifiques pour que l'information passe plus facilement, tant entre agriculteurs que vers la recherche. Il faut trouver des solutions pour favoriser la diffusion, par la mise en scène de savoir-faire, la structuration des réseaux, etc. On se base sur le savoir-faire de l'agriculteur mais, pour que la transmission soit effective, il faut construire une objectivation de ce savoir-faire, en s'appuyant sur des ingénieurs et des scientifiques.

Il y a des liens indéniables entre l'agroforesterie et l'agriculture de conservation et, en particulier, le semis direct sous couvert végétal, mais ils ne sont pas bi-univoques. Quoi qu'il en soit, dans les deux cas, il s'agit de garder deux axes de travail en parallèle : assurer la durabilité de la ferme et améliorer la fertilité des sols. Notamment en agroforesterie, on réalise des mesures d'activité biologique, de porosité, etc., afin d'évaluer l'évolution des

différents types de sols.

Nous avons réalisé une carte montrant les agriculteurs identifiés qui mettent en place de l'agroforesterie ou des couverts végétaux à une toute petite échelle, et qui, pour la plupart, ne font pas partie d'un réseau, ni ne sont accompagnés. Il reste donc un large potentiel pour l'élargissement des réseaux en proposant à ces agriculteurs de venir s'y joindre.

Ce projet Agr'eau a permis l'émergence d'un programme de recherche qui est mené par l'INRA de Toulouse sur trois thématiques. Il s'agit des thématiques de carbone, d'eau et d'azote, et ce, à l'échelle de la parcelle, à l'échelle de la ferme et à l'échelle du bassin-versant. Il devrait commencer à apporter des réponses importantes aux questions des praticiens.

Conclusion

Une agroforesterie intégrée signifie remettre au cœur des parcelles le couple sol-plante en incluant l'arbre. L'agroforesterie assure une cohérence écologique, énergétique, productive et éthique. Mais elle a aussi ses limites. Cette solution ne peut pas être unique, ni dans sa conception ni dans sa mise en œuvre. On ne peut trouver de solutions semblables dans une situation de plaine fertile ou sur un causse où les forêts peuvent dominer. Autrement dit, dans certaines situations, une agroforesterie intraparcellaire peut être sans intérêt. Mais globalement, l'arbre peut apporter beaucoup plus d'avantages que de contraintes. Lui redonner une place dans l'agriculture française peut être une opportunité pour avoir des systèmes de production plus pérennes qui nous permettent de produire durablement, et souvent plus intensivement.

Il est préférable de promouvoir les idées agronomiques chez les agriculteurs en favorisant les réflexions agronomiques en groupe dans des logiques de réseaux plutôt que de chercher à les convaincre par des conférences ou, pire, à le leur imposer. On l'a vu en agroforesterie. Cela ne marche pas. Il faut mettre de côté les préjugés et les idées reçues, notamment sur l'agroforesterie, car il peut y avoir des parcelles très mal conduites, avec un taux élevé de

mortalité des arbres. On conclura trop vite que mettre des arbres sur des parcelles agricoles ne peut pas marcher. Le refus est ancré dans les mœurs ou dans la tête. Bref, comme en SDCV, un échec ne sera pas considéré comme de la malchance ou comme une conséquence d'une mauvaise conduite, mais directement imputé à la présence d'arbres ou à la difficulté de gérer une production agroforestière.

En dernier lieu, nous pouvons nous poser la question suivante : l'agroforesterie ne serait-elle pas la clé de voûte pour l'agro-écologie française ? Elle montre de nombreux bénéfices qui méritent, à la fois, d'être confortés et davantage étudiés, afin de mieux comprendre les différentes interactions et synergies en production agricole. Grâce à l'arbre, des conditions microclimatiques peuvent être créées – avec le recyclage de l'eau à petite échelle très utile face au changement climatique. Ne serait-il pas utile de savoir tempérer le microclimat au sol pour pouvoir produire davantage dans de meilleures conditions environnementales ? Ces pistes restent à creuser pour mieux comprendre les bénéfices à long terme des arbres sur les cultures. L'agroforesterie intégrée ne serait-elle pas une solution ou un élément dans les solutions possibles ?

- VII -

La nouvelle agriculture : une transformation de la conception de la nature ?

Xavier GUCHET

Xavier Guchet est philosophe des techniques et maître de conférences en philosophie à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne jusqu'en septembre 2015, date à laquelle il rejoint l'unité COSTECH de l'UTC en tant que professeur des universités.

Résumé

L'objet de ce texte, qui est la retranscription d'une communication donnée dans le cadre du séminaire de recherche « Quels sens de l'évolution agrotechnique contemporaine ? », est d'examiner les transformations en cours du monde agricole conjointement sous l'angle des innovations techniques dans le domaine des pratiques culturelles et sous celui des représentations sous-jacentes de la nature et de la technique qui orientent ces transformations. La thèse défendue ici est en effet que les évolutions actuelles des agrotechniques, en particulier dans le sens d'une attention plus grande portée à la complexité des sols et à leur organisation propre, vont de pair avec une nouvelle conception de la nature. Il s'agirait désormais moins de se rendre « comme maître et possesseur de la nature », – par exemple dans une certaine agriculture intensive qui utilise massivement la

chimie –, que d’adopter des pratiques culturelles respectueuses des opérations de la nature, et même, à la limite, qui imitent la nature conçue comme une ingénieure insurpassable. Le terrain agricole apparaît dès lors moins comme une pure matière de technique que comme un partenaire, avec l’organisation et la complexité, avec lequel l’agriculteur doit composer et dont il peut utilement tirer parti. Le texte entend montrer que cette transformation dans la conception de la nature qu’ont les agriculteurs dépend fortement du rapport que ceux-ci ont aux techniques agricoles, y compris aux nouvelles technologies relevant du « *Big Data* ». Faute d’une réflexion sur la signification et sur la portée de ces nouvelles technologies, conduisant à une appropriation globale de celles-ci par le monde agricole, notamment par le biais d’une « culture technique » partagée, cette volonté de transformation du rapport à la nature dans l’agriculture risque de rester limitée et sans suite.

Introduction

Il m’a été demandé de dire quelques mots en réaction à tout ce qui a été dit ce matin par les intervenants, tous professionnels d’un monde agricole en pleine mutation. Au vu de ce qui a été présenté, il me semble que trois points sont intéressants à aborder et j’en développerai plus particulièrement un.

Agriculture et médecine : points de convergence

Le premier point concerne le rapprochement possible des modèles de connaissance entre, d’une part, l’agriculture et, d’autre part, la médecine dans ses tendances récentes, lesquelles sont caractérisées par le développement des approches systémiques intégrant les différents niveaux de l’organisme (les niveaux génomiques, transcriptomique, protéomique, etc.) dans des modèles de réseaux d’interactions moléculaires complexes³⁷. On parle de médecine de

³⁷ BILLAUD M., GUCHET X., « L’invention de la médecine personnalisée. Entre mutations technologiques et utopie », in *médecine/science* 2015, n° 31, p. 797-803.

précision. C'est au demeurant un terme que l'on a entendu ce matin à propos de l'agriculture – une agriculture « de précision ». Dans cette médecine, on prend en compte la très forte hétérogénéité du vivant, notamment en cancérologie qui est le domaine phare de cette médecine de précision, dite aussi « médecine personnalisée » depuis quinze ans. Nous savons aujourd'hui que la tumeur est un organisme à part entière, très complexe et fortement vascularisé, hautement résilient, très mutable et, à la rigueur, comme disent certains spécialistes de la biologie du cancer, il faudrait en quelque sorte considérer chaque cellule tumorale comme ayant sa propre singularité. On voit par conséquent très bien le processus d'individualisation vers lequel tend la médecine aujourd'hui dans l'appréhension du vivant et des processus pathologiques. En outre, cette médecine vise à proposer des modes de connaissance et d'intervention en fonction de cette hétérogénéité. Je pense par exemple aux techniques d'analyse, dites « *single cell* », qui permettent de suivre en temps réel l'activité d'une cellule unique et de ses processus biochimiques. Il faudrait évoquer aussi les approches individualisées dont se réclame cette médecine par la mise en œuvre de techniques d'analyse et de diagnostic moléculaire à très haut débit. On parle de médecine personnalisée en un sens qui n'oppose pas du tout, d'un côté, l'individualisation du rapport entre le médecin et le malade et, de l'autre côté, la « technicisation » de la médecine, soit la quantification des paramètres biologiques sur la base des données moléculaires acquises par ces technologies. La personnalisation des diagnostics et des traitements est visée justement à travers cette technicisation et l'accumulation de données à laquelle elle donne lieu. Or, à propos de l'élevage, on a entendu ce matin que l'on pouvait individualiser le rapport à l'animal dans les exploitations à travers la mise en œuvre d'une robotique qui consiste avant tout à quantifier des paramètres, en très grand nombre, pour chaque animal. Ces deux visées, la prise en compte du caractère singulier de chaque animal et la technicisation de l'élevage, ne s'opposent donc pas contrairement à ce que l'on pouvait attendre. Il me semble par conséquent qu'il y a, entre agriculture et médecine, des modèles épistémiques convergents, alliant technicisation et individualisation ou personnalisation. Il

serait peut-être intéressant d'interroger cela de manière plus approfondie. Historiquement, il y a eu évidemment des porosités entre agriculture et médecine, les historiens le savent très bien. Mais il serait peut-être intéressant de réinterroger cela aujourd'hui à la lumière des évolutions récentes dans le domaine de la médecine à très haut débit depuis une quinzaine d'années, et dans celui de cette agriculture en pleine mutation. Voilà pour le premier point.

Que sait l'agriculteur ? Analyse d'une tension

Le deuxième point porte sur une sorte de tension entre deux tendances, peut-être antagonistes, dans ce qui a été présenté ce matin au titre de cette agriculture post-révolution verte en plein essor. D'un côté, nous assistons, semble-t-il, à une agriculture qui renforce les savoirs de l'agriculteur. Elle exige de leur part la possession de nouveaux savoirs – savoirs scientifiques des sols et de leur fonctionnement, savoirs des logiques du vivant y compris à l'échelle microscopique, celles des vivants microbiens qui fourmillent dans les sols et qui sont essentiels à la vie des sols, ce qui demande bien évidemment de la part des agriculteurs l'acquisition de nouveaux savoirs de nature biologique. C'est peut-être une limite qui a été pointée, les agriculteurs semblant estimer qu'ils n'ont pas assez de connaissances dans ces domaines. En même temps, d'un autre côté, une tendance opposée à cette exigence d'acquisition de nouveaux savoirs semble conduire à une certaine forme d'expropriation de l'agriculteur de ses propres savoirs, donc à un risque d'appauvrissement des agriculteurs à l'égard du savoir. Je pense en particulier à la mise en œuvre des drones qui nous a été présentée ce matin. Il ne s'agit pas de mettre en accusation cette technologie en particulier, mais simplement de poser une question concernant le risque d'une marginalisation de l'agriculteur dans l'ensemble du système de production du savoir agrotechnique, dans la mesure où les données acquises sont transmises directement par le système technique à une société qui les traite, qui les analyse et qui transmet ensuite, par ce même système technique, les résultats aux agriculteurs. En d'autres termes, l'ensemble de ces systèmes d'acquisition et de traitement de données et d'interprétation de ces données

forme une sorte de boîte noire dans laquelle l'agriculteur sera peut-être amené à se positionner ou, en tout cas, vis-à-vis de laquelle il aura à s'interroger. Voilà, pour ce point, une deuxième question complètement ouverte concernant le rapport de l'agriculteur au savoir dans le contexte de cette agriculture en pleine transformation.

L'agriculture face à la nature et à la technique

Le troisième point que je voudrais développer plus longuement concerne les « mentalités ». Ce terme de « mentalité » a souvent été évoqué ce matin, au travers notamment des concepts de résistance au changement ou de peur du changement, de préjugés, qui perdurent dans la communauté des agriculteurs et qui pourraient freiner ou empêcher le développement de cette agriculture alternative. Or, j'aimerais questionner l'idée de cette mentalité nouvelle devant être promue au sein du monde agricole, soit interroger cette agriculture non pas seulement sous l'angle des progrès techniques en cours et des transformations des pratiques culturelles, mais sous l'angle de ce qui a été appelé « mentalités » ou « représentations » – représentations de la nature indéniablement, mais aussi, indissociablement, de la technique. Il me semble que ce qui se joue dans cette agriculture, en tout cas dans les différentes orientations qui ont été présentées ce matin, est en effet une transformation de nos représentations de la nature, mais aussi, comme on va le voir, de la technique. L'argument, tel qu'il a été exposé concernant cette agriculture, pourrait se résumer de la façon suivante : il s'agit d'abandonner une agriculture ultra-technicisée, caractérisée par l'utilisation massive d'intrants chimiques et par le fait de considérer les sols comme des surfaces neutres, sans organisation propre, capables de se plier passivement à des calculs de rendement qui ne prennent aucunement en compte leur organisation interne. C'est en tout cas dans ces termes, ou à peu près, que le labour a été présenté. En rupture avec cette approche, il s'agirait d'aller vers une agriculture considérant au contraire les sols comme des organisations complexes, hautement intégrées et fruits d'une nature dont l'homme a beaucoup à apprendre et qu'il doit imiter. Je ne fais que reprendre les termes des

documents qui ont été envoyés et qui se retrouvent dans ce qui a été dit ce matin. Il s'agit d'observer la nature, de s'en inspirer et de la mettre à profit, en créant des agrosystèmes qui copient le fonctionnement de cette nature. On parle de « génie végétal ». Celui-ci consiste à mettre en place des systèmes agrobiologiques intégrés fondés sur l'interconnexion des éléments qui les composent. Ce génie végétal n'est pas à penser sur le modèle du génie génétique. Le génie végétal est en effet une ingénierie du végétal, comme l'ingénierie du vivant dans les biotechnologies, mais cette ingénierie du végétal repose sur une forme de génie spontané du végétal, ou en tout cas de la nature. Contrairement au génie génétique, le génie végétal n'est pas un bricolage de la nature, mais une démarche fondée sur l'imitation de la nature. Cette idée de s'inspirer de la nature pour mettre en place des systèmes agrotechniques efficaces suppose en retour de considérer la nature elle-même comme une ingénieure efficace. Avec cette nouvelle agriculture « post-labour » et avec la « mentalité » nouvelle qui la sous-tend, il me semble que l'on ne rompt pas vraiment avec l'idée d'une analogie entre technique et nature, avec l'idée que la nature est une technicienne ou une ingénieure hors pair. C'est au demeurant un thème très courant, si l'on regarde, en dehors de l'agriculture proprement dite, vers d'autres domaines de l'ingénierie, notamment dans l'ingénierie des matériaux où l'on parle depuis longtemps de biomimétisme³⁸, ou même dans les nanotechnologies³⁹ plus récemment où un discours très répandu consiste à dire que la nature fait du nano depuis des milliards d'années, qu'elle a optimisé ses opérations à l'échelle moléculaire, et qu'à cette échelle, nous ne pouvons réussir qu'en l'imitant. Donc une première remarque s'impose : l'imitation de la nature ou l'idée d'imiter la nature ou l'idée qu'il faut aller vers une plus grande imitation de la nature dans l'agriculture n'est pas incompatible avec l'idée d'une, ou la visée d'une, maîtrise de la nature. Les ingénieurs nano, pour continuer le même exemple, doivent imiter les opérations de la nature s'ils veulent agir techniquement avec succès à l'échelle moléculaire. Obéir à la nature, comme le précise

³⁸ BENSUADE-VINCENT B., *Éloge du mixte. Matériaux nouveaux et philosophie ancienne*, Paris, Hachette, 1998.

³⁹ GUCHET X., *Philosophie des nanotechnologies*, Paris, Hermann, 2014.

Bacon, est une condition pour commander à la nature⁴⁰. On ne sort pas forcément du thème cartésien⁴¹ « être comme maître et possesseur de la nature » en faisant comme les agriculteurs post-révolution verte, c'est-à-dire en considérant la matière, non plus comme une pure matière sans organisation propre, comme une « *res extensa* », pour employer le vocabulaire de Descartes, mais désormais comme une ingénieure insurpassable dont il faudrait s'inspirer. C'est ce qui fait que cette agriculture qui veut imiter la nature nous maintient dans la continuité de Descartes, c'est-à-dire dans une conception moderne de la nature et nous met très loin, par exemple, de l'idée d'un art imitant la nature telle qu'on la trouve déjà chez Aristote⁴². La nature, la *Phusis* chez Aristote, n'est pas un genre de la *Technè*. Il n'y a pas d'analogie entre technique et nature. Si Aristote met en avant l'idée que la nature est imitée par l'art, que l'art imite la nature, c'est pour dire que la nature est finalisée. Il y a des finalités dans la nature. Celle-ci comporte des fins. L'art reste une activité finalisée. Il ne pourrait pas imiter la nature si la nature elle-même ne comportait pas des fins qui lui sont propres. C'est donc un argument qui est tourné vers la nature et non pas vers la technique, consistant à montrer qu'il y a des fins dans la nature, non pas pour rapprocher *Phusis* et *Technè*, mais pour caractériser, qualifier la nature. Dans l'idée de génie végétal ou d'un « fonctionnement de la nature » – c'est un terme qui a souvent été employé ce matin – il y a, en revanche, bel et bien une conception technicienne de la nature qui reste une conception moderne de celle-ci, même si des approches nouvelles de l'agriculture entendent rompre avec une certaine modernité associée à la grande figure de Descartes. Se pourrait-il qu'il existe une opposition entre deux agricultures : la première apparaît liée à une volonté très cartésienne de maîtrise et de possession de la nature se traduisant par des effets

⁴⁰ « On ne triomphe de la nature qu'en lui obéissant » in BACON, *Novum Organum*, Paris, PUF, coll. Épiméthée, 2010.

⁴¹ DESCARTES, « Discours de la méthode », in DESCARTES, *Œuvres et Lettres*, Paris, Gallimard, coll. La Pléiade, 1953.

⁴² ARISTOTE, *Physique*, livre II, Paris, Les Belles Lettres, 1996.

désastreux⁴³ (ceux-là même qui ont été présentés au cours de la matinée, en particulier par le premier exposé) ; la seconde se présente comme une posture plus modeste, plus raisonnable à l'égard d'une nature dont il faut s'inspirer. Or, cette opposition n'est pas entre une agriculture qui repose sur une conception moderne réduisant la nature à la technique, et une agriculture qui pense la nature autrement qu'à partir de la technique. Cette opposition demeure entre deux conceptions de la nature technicienne et, par conséquent, entre deux conceptions de la technique. En d'autres termes, l'idée n'est pas de passer d'une conception de la nature comme nature technicisée, à la manière de Descartes, et même ultra-technicisée, à une conception de l'activité technique humaine comme une activité naturalisée, une pure imitation de la nature. L'idée est de passer d'une conception de l'agriculture technicisée à une autre conception de l'agriculture technicisée. Ce constat me paraît important, car nous n'avons pas simplement à clarifier notre rapport à la nature, mais aussi notre rapport à la technique. En somme, je voudrais attirer l'attention sur l'évolution en cours des techniques agricoles, dont on en a eu ce matin un panorama passionnant et très large, ainsi que sur l'évolution de la conception technicienne de l'agriculture qui sous-tend cette évolution des techniques agricoles. On peut parler de révolution dans l'agriculture, terme employé ici, pour qualifier les transformations en cours dans les activités humaines ou dans les différents secteurs de l'activité humaine, comme l'agriculture ou la médecine. Parler de révolution dans l'agriculture signifie qu'il y a une révolution dans la représentation de la nature qui sous-tend l'agriculture et les pratiques culturelles. Toutefois, et c'est le point que je voudrais souligner, cette révolution se fait sur un fond continu de conceptions techniciennes de la nature, et non pas par retour à une vision aristotélicienne de l'art imitant la nature. Il s'agit donc d'examiner comment la transformation dans l'idée technicienne de la nature va de pair avec une transformation dans l'idée même de technique, à l'intérieur d'un grand domaine de signification qui, lui, reste inchangé et qui consiste à continuer de penser la

⁴³ Il faut préciser que Descartes n'a évidemment jamais préconisé le déploiement illimité de la technique conduisant à l'exploitation forcée de la nature et à sa déprédation.

nature à partir de la technique. Quel concept de technique mettons-nous en avant, ou peut-être pas assez, pour parler de cette révolution dans le monde agricole ? Je vous propose d'examiner cela à partir des concepts du philosophe Gilbert Simondon (1924-1989). Au demeurant, le résumé du programme de cette journée reprend un certain nombre de termes et d'analyses qui viennent directement de Simondon. Regardons par conséquent ce que Simondon a à nous dire concernant la transformation actuelle, sous nos yeux, de l'agriculture.

L'apport de Gilbert Simondon à la réflexion sur l'agriculture post-révolution verte

Simondon est connu pour s'être intéressé à la technique en général et aux techniques des machines industrielles en particulier. Mais il s'est aussi intéressé aux techniques agricoles. Je reprendrai, pour introduire justement la perspective simondonienne, les termes qui définissent cette agriculture tels qu'ils ont été présentés ce matin. Par exemple l'agroforesterie : interconnexions des éléments qui composent le sol cultivé, système qui intègre de façon plus performante les ordres de grandeur en jeu (l'énergie solaire, les minéraux dans les sols etc.), plurifonctionnalité des éléments, on l'a vu avec l'arbre. Tout cela définit précisément un terme mentionné dans le programme : la « concrétisation technique » selon Simondon⁴⁴. La concrétisation technique définit le sens d'une évolution technique précisément par l'intégration des différents éléments, par la mise en compatibilité et en interdépendance des ordres de grandeur mis en jeu et par la plurifonctionnalité des éléments. Cela suppose en somme, et Simondon va jusque-là, de considérer le terrain agricole comme un objet technique, à part entière. Voici une citation de Simondon, tirée d'un texte que vous pouvez trouver dans un recueil récemment publié intitulé *Sur la technique*⁴⁵ : « *La notion d'objet technique doit être élargie, nous dit Simondon [ce sont des notes, la grammaire n'étant pas aboutie], ensemble architectural conçu comme un tout organisé, avec réseau de distribution et de récupération, avec systèmes de contrôle et de régulation de*

⁴⁴ SIMONDON G., *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 2012.

⁴⁵ SIMONDON G., *Sur la technique*, Paris, PUF, 2014.

température, éclairage. Un terrain agricole peut être technicisé par système de contrôle de température, irrigation. »⁴⁶ Simondon considère, dans cette citation, un terrain agricole comme un objet technique, du moins s'il comporte des systèmes de régulation, de contrôle, de distribution et de récupération, c'est-à-dire tout ce qui a été présenté ce matin. À l'opposé de cette vision concrétisante de l'agriculture, Simondon définit ce qu'il appelle la démarche d'abstraction, caractérisée dans les exposés de ce matin notamment par le cloisonnement des productions et la lutte contre la végétalisation des sols, revenant à considérer le sol comme une pure matière qui reçoit passivement les intentions de l'agriculteur par le biais de l'activité technique. Cette vision de l'agriculture est tout à fait conforme à ce que Simondon appelle « le schème hylémorphique ». Il s'agit d'un terme grec désignant une posture philosophique générale qui précise que la production d'une réalité, d'un objet, consiste d'abord à nier l'existence de formes implicites dans la matière (celle-ci peut devenir n'importe quoi), et à lui imposer du dehors, conformément à la seule volonté de l'agent, toutes les formes que l'on voudra. La matière n'a aucune organisation par elle-même. Elle peut recevoir indifféremment n'importe quelle organisation qui lui est imposée du dehors – ce qui reste le contraire de cette agrotechnique, de cette agriculture post-révolution verte en développement correspondant bien plus à l'attitude concrétisante telle que l'a définie Simondon, au sens où il s'agit de considérer la matière comme étant hautement informée, hautement organisée, notamment les sols. Au lieu de nier ce fait en imposant à la matière des formes ou une organisation qui ne viendraient que de ses calculs de rendement ou économiques, l'agriculteur a à composer avec cette organisation intrinsèque. Tel est le message que j'ai entendu ce matin.

Il me semble que considérer le terrain agricole comme un objet technique signifie avoir une réflexion sur ce qu'est la matière de l'agriculteur, c'est-à-dire à la fois les sols, mais aussi le vivant. Le point important est que cette agriculture post-révolution verte n'est pas une

⁴⁶ SIMONDON G., « Objet économique et objet technique », in *Sur la technique*, op. cit., p. 373-374.

agriculture plus proche de la nature et respectueuse de son organisation dans la mesure où elle serait moins technicisée. Il s'agit bien d'une agriculture ultra-technicisée, à la fois par de nouveaux savoirs, mais aussi, on l'a vu avec l'exemple des drones, etc., par l'arrivée de technologies lourdes, le « *Big Data* » et ainsi de suite. Cette agriculture ultra-technicisée réintroduit au cœur de son rapport à la nature et de son rapport au vivant les normes du vivant lui-même, ou les normes de la nature elle-même, laquelle ne se plie pas à n'importe quel projet économique. L'imitation de la nature ne va pas de pair avec l'abandon de la technique, ou en tout cas avec le choix du moins technique, mais avec une intensification de notre rapport technique à la nature. C'est par conséquent une réflexion sur la « matière » de l'agriculture et sur les techniques qui s'y rapportent qu'il s'agit de mener à partir de ce que nous dit Simondon. Considérer un terrain agricole comme un système de compatibilité entre des éléments interdépendants, opérant dans des échelles différentes, n'implique pas du tout de passer d'une conception technicisée de la nature à une conception naturalisée de la technique – je m'inscris en faux absolument contre cette idée : il n'y a pas de naturalisation de la technique – ou encore à passer d'une conception ultra-technicisée de la nature à une conception moins technicisée de la nature, plus modeste face à l'organisation spontanée de la nature. On passe, au contraire, d'une conception insuffisamment technicisée de la nature, celle de Descartes, à une conception plus et mieux technicisée de la nature. Chez Descartes, les modèles techniciens, ou plutôt les modèles automaticiens de la nature – les fontaines, les pompes, les leviers etc. –, ne marchent que pour décrire la nature du point de vue de son fonctionnement. Dès qu'il s'agit d'expliquer les genèses notamment dans le domaine du vivant – non pas le fonctionnement d'un vivant, mais la genèse d'un vivant – Descartes est beaucoup plus embarrassé. S'agissant par exemple de la biologie, des genèses vitales, de l'embryologie, dans les écrits médicaux de Descartes⁴⁷, on voit qu'il n'y a pas de modèle technique de cela. Descartes emploie plutôt des modèles physiques, par

⁴⁷ DESCARTES, *Écrits physiologiques et médicaux*, Paris, PUF, 2000.

exemple le modèle des tourbillons. Le génie végétal tel qu'il a été présenté ici repose sur un concept de technique plus riche où la nature apparaît technicienne non seulement dans son fonctionnement, mais jusque dans ses processus, ce que Descartes évidemment ne pouvait penser compte tenu du type de techniques qu'il avait sous les yeux et des modèles de connaissance que ces techniques pouvaient fournir. En somme, dans l'expression « génie végétal », on peut entendre les deux dérivés de l'*ingenium* latin, soit le génie de l'artiste qui excède toute réduction technique de son activité, mais aussi l'ingéniosité de l'ingénieur. Or, ce second sens prime dans le génie végétal. Il faut entendre par-là « l'ingénieur », car si l'agriculteur devient un ingénieur du végétal, c'est au sens des ingénieurs qui font des matériaux biomimétiques, et qui considèrent la nature non pas comme une pure matière de technique, indifférente à la forme qu'on lui impose, mais comme une partenaire.

Agriculture et industrie

Un dernier point avant de conclure. Cette vision du terrain agricole comme objet technique concret va de pair avec une transformation du rapport de l'agriculteur aux techniques machiniques. Ce point est mis en avant dans un autre texte de Simondon qui porte spécifiquement sur les aspects psychologiques du machinisme agricole à l'époque où Simondon travaille (les années 1950) et qui fait état de cette transformation nécessaire dans notre rapport aux techniques proprement dites, aux techniques machiniques⁴⁸. Ce texte fait directement écho au débat sur la résistance au changement, sur les peurs, sur les préjugés qui ont déjà été mentionnés ici. Dans ce texte, Simondon cherche en effet à comprendre, dans le cadre d'une étude qu'il mène sur ce sujet à la fin des années 1950, l'ambivalence des agriculteurs à l'égard de la technique qui a souvent été relevée à l'époque. D'un côté, le monde rural passe pour être conservateur, très peu enclin à accepter les nouvelles technologies. En termes actuels, il « résiste au changement ». Et de l'autre côté, ce même monde rural passe pour s'enthousiasmer, de façon un peu ridicule et naïve, pour le dernier

⁴⁸ SIMONDON G., « Aspect psychologique du machinisme agricole », in *Sur la technique*, op. cit., p. 255-267.

cri en matière de technologie agricole, et ceci pour des raisons de prestige social. On va se ruer sur la dernière machine... Dans ces deux cas extrêmes, un rapport authentique à la technique est donc manqué. Simondon enquête et trouve que majoritairement, les agriculteurs ne tombent en fait dans aucun de ces deux travers. Ils n'ont ni cette attitude de sidération, de fascination, de « geek », à l'égard des machines agricoles, ni une attitude systématique de rejet, de refus du progrès technique. En revanche, ils raisonnent. Ils pensent leur équipement en fonction des possibilités financières, de la taille de leur exploitation, du rendement qu'ils en attendent et, de ce fait, il y a en réalité un cercle vicieux, explique Simondon. Les agriculteurs associent l'équipement machinique des exploitations à davantage de sécurité économique. S'équiper, c'est aller vers des exploitations plus sécurisées sur le plan économique, ce qui peut susciter un aspect d'enthousiasme. Toutefois, ils ne s'équipent pas au motif que les conditions économiques pour cela ne sont très souvent pas réalisées, on l'a vu tout à l'heure avec la méthanisation aujourd'hui, ce qui peut entraîner une forme de refus. En déclarant les agriculteurs ambivalents à l'égard de la technique, on ne fait que traduire, sur le plan psychosocial, ce qui est en réalité, pour Simondon, la conséquence d'une organisation défailante des rapports entre agriculture, industrie et financement global du monde agricole. Ce n'est pas un problème psychosocial ni psychologique, mais un problème de « résistance au changement » qui s'expliquerait par l'archaïsme d'agriculteurs n'ayant pas su évoluer dans leurs mentalités : c'est un problème d'organisation générale des rapports entre agriculture, monde industriel et économique. L'industrie fournit aux agriculteurs des machines que Simondon appelle « fermées », c'est-à-dire qu'elles sont monofonctionnelles et obligent l'agriculteur à accommoder sa structure en s'adaptant à elles. Il prend l'exemple de la moissonneuse-batteuse de son époque. Il faudrait au contraire que l'industrie considérât l'équipement rural comme un problème d'adaptation des machines aux agriculteurs, et non pas l'inverse – et même comme un problème de ce qu'on appelait alors « le *human engineering* », ancien terme pour l'ergonomie, soit un problème d'adaptation du couple formé par l'homme et la machine eu égard à la tâche à accomplir. Il faut pour cela

promouvoir la conception de machines concrètes et ouvertes, afin que la machine devienne plurifonctionnelle. Simondon prend l'exemple du tracteur qui peut avoir plusieurs fonctions, sur lequel on peut monter différents types d'outils, etc. Cette réflexion date de 1959. Il est bien évident que les problèmes du monde agricole ne sont plus les mêmes aujourd'hui. Les rapports entre agriculture et industrie se sont profondément transformés, mais l'argument de Simondon mérite d'être repris au moins à titre de question. Les techniques de l'agriculture, y compris celles qui nous ont été présentées, sont-elles de nature à exiger de l'agriculteur qu'il s'adapte à leur structure interne ? Ou bien ces techniques ont-elles vocation au contraire à s'adapter par leur ouverture et leur plurifonctionnalité aux besoins des agriculteurs ? Le point qui me semble important de soulever est qu'il y a une interdépendance entre, d'une part, la représentation que l'on se fait de la nature, la façon dont sont représentés techniquement la nature et les terrains agricoles et, d'autre part, le type de techniques qui sont mises à disposition de l'agriculteur. Les techniques fermées abstraites dont parle Simondon ne vont pas de pair avec une représentation des terrains agricoles comme objets techniques concrets. Tel est le message qu'il nous fait passer et qui incite à questionner le présent du monde agricole : l'introduction massive du « *Big Data* » et de ses technologies associées dans l'agriculture conduit-elle à cette vision concrétisante du terrain agricole ? Ou bien y fait-elle obstacle ?



Conclusion

Ce constat appelle par conséquent une réflexion, non seulement sur le rapport entre

l'agriculteur et sa « matière », le sol, le vivant, mais aussi sur le rapport entre l'agriculteur et la technique – les techniques des pratiques culturales nouvelles, comme le semis direct sous couvert végétal qui nous a été présenté, mais aussi l'ensemble des techniques utilisées dans les systèmes agrotechniques. Ce n'est pas simplement une question de nouveau rapport à la nature. C'est aussi une question de rapport à la technique et donc peut-être de ce qu'il faudrait appeler une nouvelle culture agrotechnique générale à constituer ou à développer dans le monde agricole.

- VIII -

Éléments pour une nouvelle ingénierie de l'agriculture

Patrick DU JARDIN

Patrick du Jardin est agronome, enseignant, chercheur, vulgarisateur engagé dans les relations entre science et société. Il est professeur de biologie et de biotechnologie végétales à Gembloux Agro-Bio Tech (Université de Liège, Belgique). Il y dirige l'Unité de Biologie végétale et son laboratoire, actif dans le domaine de la physiologie, de la biochimie et de la biologie moléculaire des plantes supérieures cultivées. Expert de la question des risques biotechnologiques, il a été membre et vice-président du panel OGM de l'Autorité européenne de Sécurité des Aliments (EFSA, Parme, Italie). Il est membre du comité conjoint d'éthique de l'INRA et du CIRAD. Il a fait partie de l'ancien COMEPRA, premier comité d'éthique commun à l'INRA et à l'IFREMER.

Résumé

La technique est au cœur de tout système de production agricole. La présente communication en esquisse quelques aspects : sa portée instrumentale, en tant que moyen au service d'une fin identifiée par l'agronome et l'agriculteur ; sa portée fonctionnelle, qui est de produire des objets techniques et de les engager dans de nouvelles configurations d'interactions nommées agrosystèmes ; sa portée génétique, en tant que moteur d'évolution des agrosystèmes, suscitée par la marge d'indétermination du fonctionnement technique. Encore faut-il extraire la technique du schéma hérité de la modernité la limitant à être l'instrument d'une domination de la nature par l'homme, d'autant mieux assurée que cette nature est réduite et simplifiée par les pratiques de l'agriculture. Cette conception a été

largement adoptée par une certaine ingénierie au service des agricultures productivistes des pays industrialisés, dont on perçoit aujourd'hui les limites. Face aux défis de l'agriculture durable, on plaide pour une réhabilitation de la complexité de l'écosystème cultivé, à laquelle la technique donne des outils de pilotage, mais aussi des objets et des pratiques qui en assurent la capacité d'évolution, avec une marge d'indétermination que devra pleinement assumer la nouvelle ingénierie.

Introduction, contenus techniques des agricultures et des scénarios d'avenir

Je viens de Gembloux, à 35 km de Bruxelles, d'une école d'ingénieurs Agro avec un bon millier d'étudiants, soit une taille comparable à LaSalle Beauvais. Je n'avais jamais eu l'occasion de venir sur le campus de LaSalle rencontrer des collègues, et c'est un plaisir pour moi d'être là. Je suis agronome, diplômé de Gembloux. Depuis quelques années, je suis devenu un agronome interpellé, en particulier parce que je suis aussi biotechnologue et que, dans le cadre des activités de mon laboratoire, on a produit il y a quelques années des OGM. La question des OGM m'a occupé et m'occupe encore, et c'est elle qui m'a amené à dialoguer avec des citoyens, mais aussi avec des enseignants et chercheurs d'autres disciplines. J'ai eu l'occasion de rejoindre le comité d'éthique de l'INRA, il y a quelques années (alors COMEPRA qui était aussi le comité d'éthique de l'IFREMER), et je fais toujours partie du comité qui a suivi, commun à l'INRA et au CIRAD.

J'ai eu la chance d'avoir les exposés de ce matin à l'avance. J'ai eu beaucoup d'intérêt à les lire et encore davantage à écouter les orateurs ce matin. Je vais donc partager quelques réflexions à leurs propos et vous livrer quelques idées sur lesquelles je travaille depuis un certain nombre d'années. À travers l'exposé de Michel Griffon tout d'abord, nous avons pu réaliser qu'il y a un contenu technique important dans tout système agricole et dans toute révolution agricole. On peut interpréter l'histoire de l'agriculture comme une succession de crises et d'issues, la technique fixant à la fois les limites productives du système agricole en

place et dégageant les solutions de sortie de crise. Or, les agricultures du monde connaissent une nouvelle crise et la question des paradigmes et des schémas techniques à mettre en œuvre pour y répondre est à nouveau posée. Pour réfléchir aux scénarios d'avenir, il y a des outils de prospective et vous connaissez sans doute l'étude Agrimonde qui a été réalisée par le CIRAD et l'INRA en 2009⁴⁹. Michel Griffon y a d'ailleurs contribué. Cette étude fouillée et stimulante pointe l'importance de la technique dans les scénarios d'avenir explorés. Ces scénarios se déclinent en fonction d'hypothèses contrastées concernant la gestion de l'environnement plutôt proactive ou plutôt réactive, d'actions plutôt locales ou plutôt globales, etc. Mais ce que je voudrais souligner, c'est que derrière chaque scénario, il y a un schème technique, système technique qui sous-tend chacun des scénarios envisagés et qu'il contribue à formuler et à rendre crédible.

La technique médiatrice du rapport à la nature

Il semble donc que nous soyons devant des choix que des leviers techniques rendent possibles. Or, ce que je voudrais souligner, ce sont les difficultés qui se présentent très concrètement dans le déploiement envisagé des scénarios techniques et qui restreignent notre liberté d'action. Ces difficultés portent sur nos façons de penser la technique, de nous représenter ses pratiques et ses objets. C'est le point que je voudrais développer maintenant avec vous.

On peut en parler à deux niveaux : la technique comme médiatrice de notre rapport à la nature d'abord, comme médiatrice des rapports entre les hommes ensuite. On parlait ce midi à table des OGM. S'il y a OGM, il y a un brevet, signifiant des enjeux de pouvoir économique, des rapports de dépendance entre les hommes. Mais la technique peut être pensée comme médiatrice des rapports entre les hommes et la nature. La technique est génératrice de nouveaux objets qui s'ajoutent à la nature en la modifiant. On en a déjà

⁴⁹ PAILLARD S., TREYER S., DORIN B., *Agrimonde. Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*, Versailles, Éd. Quæ, 2010.

parlé : Xavier Guchet, spécialiste de Simondon, a développé cet aspect. Effectivement, la technique « met au monde » des objets, voire des êtres techniques porteurs de capacités d'évolution. Il y a du devenir dans l'être. Clairement, nous sommes devant de nouveaux objets que nous devons définir, appréhender, situer : avec la nature, contre la nature, dans la nature, en admettant que cette question ait du sens, ce qui est aussi, je crois, un des enjeux de ce débat.

Analysons la technique comme médiatrice du rapport à la nature. Prenons conscience de ce que ce rapport peut être formulé de façons très différentes. Il y a un schéma ancien très cartésien, qui est largement le schéma de l'ingénieur, dominateur de la nature avec une vision du monde anthropocentrée et une localisation des valeurs dans la culture : on exclut la nature des sources de valeurs possibles. Mais on observe qu'il y a tout un gradient - et là les professeurs de philosophie environnementale le feront beaucoup mieux que moi - qui va de l'anthropocentrisme jusqu'à l'écocentrisme. Ce dernier localise les valeurs dans les communautés biotiques dans leur ensemble, avec l'homme qui n'est plus vu comme un dominateur, mais comme un participant. Selon les théories morales, on voit l'homme occuper une position de dominateur, steward, partenaire, participant et une localisation des valeurs dans la culture ou dans la nature, avec une gradation entre ces deux pôles. La philosophie environnementale s'est développée durant la deuxième moitié du xx^e siècle et elle se superpose, sans s'imposer, au schéma anthropocentré classique de l'ingénieur « dominateur ». Ceci est à l'origine de conflits dans nos sociétés contemporaines. On ne peut pas interpréter certaines réticences à l'égard de la technique, ou de certains objets techniques comme les OGM, sans prendre acte de la diversité de ces postures morales sur le statut de l'homme dans la nature, contre la nature, avec la nature, etc.

Nature, technique et ingénierie

Je reprends ce que fait l'ingénieur, je ne suis pas sûr que la nature finalement – je suis même convaincu du contraire – fonctionne comme un ingénieur. Quand on parle de

biomimétisme, de bio-imitation dans le champ de l'ingénierie, c'est faire fausse route que de se dire que la nature fonctionne comme le meilleur des ingénieurs. Pourquoi ? Parce que l'ingénieur a recours à des pratiques qu'il met en œuvre dans un objectif très clair. Il a d'abord une intention, une finalité. Il conçoit des dispositifs qui ont un fonctionnement prédictible, c'est-à-dire liant de façon univoque des signaux entrants à des signaux sortants. C'est ce que fait par exemple une radio. Il y a des ondes électromagnétiques rentrantes et des ondes sonores sortantes. La relation entre signaux rentrants et sortants est univoque et prédictible. C'est le modèle de fonctionnement favorisé et valorisé par l'ingénieur. Pour construire ce type de dispositif, l'ingénieur assemble des éléments qui sont des modules – un transistor, une résistance, etc. –, ayant une fonction totalement contenue dans le module, donc indépendante de sa liaison à d'autres éléments du dispositif. C'est la notion de modularité : les fonctions des modules sont conservées, inaltérées, à l'intérieur du dispositif. Ceci facilite la modélisation et le calcul. On peut prévoir et calculer un certain nombre de propriétés et, en particulier, les *outputs*. Les techniques d'assemblage aussi sont standardisées. Pour réaliser une radio, on ne ramasse pas quelques morceaux de métal, quelques bouts de bois dans la nature. On utilise des pièces qui sont usinées et conçues pour être assemblées entre elles de façon optimale, afin de concevoir une diversité de machines à travers un nombre finalement limité d'éléments. Il m'apparaît que le modèle de l'ingénieur est aussi celui auquel on peut rattacher une agriculture intensive avec un labour profond, qui fait en quelque sorte table rase de la parcelle cultivée et expose un sol mis à nu sur lequel l'agriculteur va implanter un certain nombre de modules connectés selon un plan préétabli et dans l'objectif d'une production maîtrisée au rendement calculé. Le fonctionnement du système est décidé à l'avance et ses degrés de liberté réduits aux fins d'un fonctionnement totalement finalisé. Ceci fait penser à une phrase intrigante, trouvée sur le tableau noir du physicien et prix Nobel Richard Feynman au moment de sa mort : « *What I cannot create, I do not understand.* » Pour prétendre comprendre quelque chose, je dois être capable de le recréer. Si nous voulons dominer – pour cela nous devons comprendre le

système –, la meilleure chose à faire est de le construire *ex nihilo*. Faisons table rase. Certes, je caricature, mais cela reste globalement la mentalité de beaucoup d'ingénieurs, du moins celle de nombreux agronomes. Je ne parle pas des ingénieurs polytechniciens travaillant dans les secteurs des technologies de l'information ou de la logistique, où l'ingénierie tente davantage de modéliser et d'apprivoiser des systèmes complexes que de les simplifier. Je pense qu'il serait bon de faire évoluer les mentalités, dans le sens suivant : plutôt qu'une domination par la simplification, choisissons le pilotage de la complexité. Réhabiliter la complexité et apprendre à la piloter. J'ai repris cette photo de l'exposé d'Alfred Gässler, que je trouvais très jolie, avec sa permission un peu tardive ce matin. Cela illustre la complexité d'un écosystème, par ce qu'on voit au-dessus du sol, mais on sait aussi la complexité qui se déploie sous la surface du sol. Cet autre paradigme est un peu ce que suggère le jardin de Julie, dans *Julie ou la nouvelle Héloïse* de Rousseau, où elle dit à Saint-Preux : « *Il est vrai, que la nature a tout fait, mais sous ma direction. Il n'y a rien que je n'ai ordonné.* » D'une certaine façon, dans le jardin de Julie, il s'agit de permettre à la nature de s'exprimer, d'exprimer ses potentialités, mais le jardin est enclos, c'est-à-dire qu'il y a une appropriation par l'homme d'un espace à la fois naturel et productif. C'est peut-être à cela que nous devons réfléchir. J'aime bien cette expression d'« aggradation » utilisée plusieurs fois par Michel Griffon : aggradation de l'écosystème cultivé plutôt que dégradation. L'approche simplificatrice qui consiste à dégrader de la biodiversité et des fonctionnalités écosystémiques est clairement un schéma que nous devons remettre en question.

Réhabiliter la complexité de l'agrosystème, développer une ingénierie pour la piloter

Plus concrètement, réhabiliter la complexité signifie intensifier le recours aux fonctionnalités de l'agrosystème. Idée déjà développée par M. Griffon : il faut sortir d'une opposition entre agriculture intensive et, par exemple, agriculture agro-écologique. Nous devons intensifier l'usage des terres cultivées dans un monde surpeuplé et affamé, mais il faut distinguer une agriculture intensive en intrants, chimiques en particulier, et une agriculture intensive en

fonctionnalités agro-écologiques. Innover en saisissant les opportunités que représentent les services offerts par les constituants vivants des écosystèmes, ce qu'ils font déjà sans notre intervention. On parle souvent d'opportunités économiques dans l'orientation de nos choix d'action mais, ici, il s'agit d'opportunités écologiques. La nature nous donne et nous montre toute une série de solutions que nous pouvons mobiliser, d'autant mieux que nous pourrions mettre à distance le mode réductionniste et déterministe d'une certaine ingénierie. Il faut laisser de l'indétermination dans le système permettant une marge d'évolution et d'ajustement réciproque de ses constituants. C'est ainsi que l'évolution biologique n'a absolument pas fonctionné sur le mode d'un ingénieur. Dans *Le jeu des possibles* de François Jacob⁵⁰, il y a de très belles pages sur ce sujet. L'évolution ne fonctionne pas sur le mode de l'ingénieur, mais sur le mode du bricoleur qui va prendre dans son garage des objets qu'il va recycler, qu'il va assembler pour fabriquer un dispositif peut-être improbable, mais qui fonctionne. L'évolution produit des choses qui marchent, pas des choses optimisées, en tout cas pas optimisées dans la poursuite d'un objectif unique et qui conservent une marge d'indétermination permettant la poursuite de l'évolution et de l'adaptation. On a vu aujourd'hui l'exemple de l'association de plantes entre elles, avec l'agroforesterie, mais il s'agit aussi de travailler avec des assemblages de plantes et de micro-organismes, en vue de gérer la fertilité des sols en particulier.

On a besoin de mesurer pour piloter. C'est bien de dire : « *Réhabilitons et pilotons la complexité.* » Mais il va falloir des indicateurs permettant d'évaluer en temps réel ce fonctionnement complexe, donc développer des outils de suivi. On a vu aujourd'hui de très beaux exemples avec les agri-drones qui nous permettent cette observation en temps réel, condition du pilotage d'un écosystème dont on découvre souvent les propriétés en cours de chemin. Réhabiliter la complexité, c'est aussi « créer du lien ». C'est une autre façon de le dire. J'ai retrouvé cette idée dans l'exposé d'Alfred Gässler qui nous disait : « *Le semis direct*

⁵⁰ JACOB F., *Le jeu des possibles : essai sur la diversité du vivant*, Fayard, 1981.

n'est pas une autre technique de semis, mais un système cultural en lui-même. » Une technique doit être pensée dans la dynamique de ses liens avec le reste de l'agrosystème.

Réconcilier ingénierie de l'agriculture et écologie

La technique est accusée de « désenchanter » le monde, selon l'expression de Max Weber. Pour revenir à l'écocentrisme, voici une phrase écrite par Aldo Leopold⁵¹, l'un des fondateurs de la philosophie environnementale : « *A thing is right when it tends to preserve the integrity, the stability and the beauty of the biotic community ; it is wrong when it tends otherwise.* » Il y a ici une posture morale très forte : la nature, nous l'admirons pour sa beauté, et tout ce que nous faisons qui ne respecte pas son intégrité, sa stabilité et sa beauté, est une chose moralement condamnable. Cette approche, héritière des traditions contemplatives des religions du Livre, n'est pas tenable, ni compatible avec les fonctions productives attendues d'une nature domestiquée. Pour autant et à la suite de ce qui a déjà été dit, on ne peut pas se cantonner à une attitude de domination de la nature comme seul contre-pied de cette attitude contemplative. Le constat du désenchantement du monde par la technique est aussi posé dans le domaine de l'élevage animal, avec le sort misérable laissé aux animaux de ferme dans les mots de Paul Claudel : « *Ces pauvres serviteurs, l'homme les a cruellement licenciés. [...] Et ceux qu'il a gardés, il leur a enlevé l'âme. Ce sont des machines. Il a abaissé la brute au-dessous d'elle-même.* »⁵² Il y a là un constat terrible sur notre attitude à l'égard de la nature, ainsi que des espèces qui nous étaient les plus familières.

Propositions pour avancer. Je pense qu'il faut sortir d'une conception de l'écosystème, telle qu'élaborée dans les premiers temps de l'écologie, où l'on faisait référence à l'écosystème stable, en équilibre avec le climat, fonctionnant en boucle sur lui-même. Il y avait une survalorisation de la stabilité. Ce modèle de l'écologie scientifique des débuts a fortement

⁵¹ LEOPOLD A., « The Land Ethic », in LAFOLLETTE H. (ed.), *Ethics in Practice. An Anthology*, Malden, Oxford, Blackwell Publishers Ltd, 2002, Second Edition, p. 631-639.

⁵² CLAUDEL P., *Bestiaire spirituel*, Lausanne, Mermod, 1949, p. 126-127.

influencé l'idéologie politique écologique. Je pense que c'est une vraie difficulté. Alors que la science écologique aujourd'hui nous apprend que les écosystèmes sont rarement à l'équilibre, et que quand ils le sont, ce sont en fait des états métastables. Ils ne sont pas situés dans un creux thermodynamique. Ils sont plus généralement instables, en cours d'évolution. Ce sont des systèmes ouverts et non fermés, multiconnectés : on parle de l'écologie du paysage avec le maillage des écosystèmes et des flux de matière et d'énergie qui sont non cycliques. Les processus qu'on découvre ne sont pas tous déterministes. On les dit stochastiques, car il y a aussi une historicité de la nature : histoire des climats, histoire des migrations des flores, etc. Il ne faut pas l'oublier et accepter la nature contingente de la nature, en quelque sorte. Et il y a aussi une technicité : l'histoire, c'est aussi l'ajout par l'homme, dans ces écosystèmes, d'un certain nombre d'objets techniques. Donc, il ne faut pas voir les écosystèmes comme des îlots d'homéostasie que l'on valoriserait d'autant plus que l'homme leur serait extérieur. Ensuite, il ne s'agit pas non plus d'opposer un ordre technique qui se substituerait à un ordre naturel. Je suis convaincu qu'il faut penser l'intégration des objets techniques dans une nature évolutive, et non les considérer comme des objets extérieurs qui graviteraient autour d'une nature qui les ignore.

Des objets techniques problématiques

Rapport à la nature, écosystème, réhabilitation de la complexité... Voyons maintenant ces objets qui posent difficulté et interrogent nos conceptions de l'agriculture : les organismes génétiquement modifiés et les nano-objets manufacturés. Je ne vais pas me lancer dans de grands débats sur les OGM et les nombreuses interrogations qu'ils suscitent. Il y a notamment la question de cette frontière entre le naturel et l'artificiel. La législation européenne sur les OGM nous donne un exemple stupéfiant où cet objet du droit qu'est l'OGM est défini par le caractère « non naturel » de la recombinaison génétique qui l'a produit. L'OGM est donc défini par la technique de fabrication et le législateur fait une référence explicite à la notion de « (non-)naturel » dans la définition de l'OGM. Il y a là un

postulat qui mériterait quand même réflexion : l'homme serait extérieur à la nature puisque ce qu'il produit est posé comme hors de la nature. Pourtant, la plante génétiquement modifiée est d'abord une plante. Sa naturalité s'impose aussi comme une évidence. Il y a donc un bouleversement des catégories entre le naturel et l'artificiel. Cette difficulté de perception est augmentée par le rôle que les agrobiotechnologies donnent nouvellement aux plantes : certaines peuvent produire des médicaments ou devenir des dépollueurs alors que ces mêmes plantes étaient cantonnées à des fonctions principalement alimentaires. Comment savoir ce qu'elles font à la fin ? Autre bousculement problématique des catégories.

Il y a aussi le cas de nano-objets manufacturés, issus des nanotechnologies et qui posent un certain nombre de difficultés. J'épinglé ici le fait que beaucoup de ces nanomatériaux et nano-objets manifestent des propriétés liées à leur très petite taille et aux phénomènes quantiques qui s'y déroulent, sans avoir été prévues par le technicien qui les a fabriqués. On est dans une sorte d'inversion entre le savoir et le faire, puisque les chercheurs commencent par produire des objets dont ils acquièrent ultérieurement la connaissance. On voit, après coup, à quoi ils pourraient servir. C'est ainsi qu'en hyper-fractionnant la cellulose, molécule la plus abondante sur cette planète, vous produisez des nanomatériaux aux propriétés optiques particulières. Je fais allusion ici à des travaux réalisés à l'INRA. On n'avait pas prévu à l'origine de ces travaux qu'on aurait ces propriétés optiques particulières. Il semble qu'il y ait une inversion du paradigme dominant de la science et de la technologie modernes, selon lequel l'application découle d'une connaissance préalable dont elle est un prolongement attendu et calculable. Ici, on crée par la technique et on cherche à connaître après coup ce que l'on a produit.

Interroger la pertinence de la distinction entre naturel et artificiel, cela tient-il la route ? Nous sommes d'accord, nous scientifiques, que tout objet obéit aux lois de la nature. Pourquoi faudrait-il les faire sortir de cette nature ? Et là, on peut citer Descartes et Simondon : « *Les choses artificielles sont avec cela naturelles* » (DESCARTES) ; « *L'artificiel, c'est du naturel* »

suscité »⁵³ (SIMONDON). Il n'y a pas de différence ontologique. On a affaire à la même catégorie d'être. Qu'est-ce qui, alors, justifierait cette distinction que la langue nous suggère ? Deux pistes d'interprétation : 1) L'intention humaine est une condition génétique de l'artificiel (l'artificiel est un objet qui suit une intention, formulée par un inventeur) ; 2) L'artificiel comme état de dépendance de l'objet à l'égard de l'humain (Simondon). On peut en effet parfaitement artificialiser une plante. On parle de culture artificielle, si elle est sous serre, et acquiert un état de dépendance qui en fait l'équivalent d'un objet technique dépendant d'un humain pour la régulation de ses fonctions, sans perdre de vue qu'un objet technique peut aussi devenir de plus en plus autonome et se libérer de l'intervention régulatrice de l'homme, par concrétisation (au sens de Simondon).

Fonder une nouvelle ingénierie : de « ordre-exécution » à « question-réponse »

Par quoi remplacer l'attitude de maîtrise et de domination de la nature, que nous avons située dans le sillage de la modernité et d'une certaine ingénierie à l'œuvre dans le domaine de l'agriculture ? Dans la logique « ordre-exécution », la nature est recrutée en vue de l'accomplissement de tâches totalement prédéterminées, le technicien donnant des instructions sans attendre d'autre retour d'information de l'exécuteur que le strict minimum requis par la régulation du système imposée par lui. C'est le modèle de la *tabula rasa* : des millions d'hectares de soja *GM Roundup ready* progressent à travers le monde, tant cette approche du désherbage des cultures fait l'économie de la prise en compte de l'hétérogénéité des situations locales. Dans le mode alternatif, le pilotage des systèmes complexes (semis direct sous couvert végétal, agroforesterie, etc.) se situe davantage dans une logique de « question-réponse » : Je vais mettre en œuvre une nouvelle technique culturale (nouvelle au moins au niveau de mon exploitation). Comment cela va-t-il se passer au niveau de la pression des mauvaises herbes ? Puis, je découvre un problème de limaces puis de mulots qui n'étaient pas prévus au départ. J'interroge le système qui me donne des

⁵³ SIMONDON G., *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 1989, 3^e édition.

réponses et je modifie mes pratiques. Je suis dans une espèce de dialogue singulier avec cet objet technique qui est la terre cultivée, comme le disait Xavier Guchet.

Sortir du paradigme de maîtrise, c'est être ouvert à l'imprévu : être capable de saisir les hasards heureux, selon cette idée de sérendipité qui devient à la mode ; admettre aussi le mode relationnel d'existence des objets techniques (Simondon) et leur reconnaître une marge d'indétermination. Ils deviennent ce dans quoi ils s'engagent. Leur fonctionnement n'est pas réductible à la poursuite du but initialement fixé. Cette marge d'indétermination les dote d'une certaine capacité d'évolution qui permet précisément de déborder leur utilité première.

Voir finalement dans la technique un facteur d'évolution des agrosystèmes. La technique est internalisée pour constituer un facteur d'ouverture de l'agrosystème, permettant son évolution, celle des agrosystèmes ainsi que des sociétés humaines, selon la conception de la technique chère à Gilbert Simondon.

Conclusion : l'agriculture durable sera tout sauf durable

Nous pouvons conclure que l'agriculture durable sera tout sauf durable ! Elle sera éclatée en de multiples solutions temporaires et locales. Il ne faut pas fermer le système sur lui-même, mais au contraire l'ouvrir, par la technique, à une véritable dynamique de processus internes et externes. Les objets techniques sont appelés à être internalisés par l'agrosystème productif, à être la force motrice de son évolution et à en constituer les instruments de pilotage par le bio-ingénieur. Tout en laissant une part à l'imprévu. Comment mieux dire qu'Héraclite cette ambivalence du développement durable : « *Il n'y a de permanent que le changement.* »

- IX -

Réflexions d'historien sur les techniques agricoles passées et actuelles

Fabien KNITTEL

Fabien Knittel est maître de conférences en histoire contemporaine, historien de l'agronomie à l'Université de Franche-Comté. Il s'est spécialisé sur l'innovation en agronomie au XIX^e siècle. Il combine, dans sa démarche, les outils de l'histoire et de la sociologie des sciences et techniques.

Résumé

À partir de l'exemple du travail des agronomes lorrains, Mathieu Dombasle (1777-1843) et Louis Poirot de Valcourt (1771-1855), nous nous proposons, dans un premier temps, d'explorer le quotidien des techniques des manouvriers agricoles, notamment celui des valets de charrue. Ensuite, nous montrerons que l'émergence d'une agronomie de la mesure, au milieu du XIX^e siècle, entraîne une déqualification des praticiens. Toutefois, tant au XIX^e qu'au XX^e et au début du XXI^e siècle, la parcelle et le champ sont toujours les unités de base du travail à la fois agricole et agronomique. Cependant, la mise en œuvre de pratiques culturelles innovantes pose des questions d'ordre psychologique au moment de leur acceptation ou de leur rejet par les praticiens. C'est une question fondamentale, car si on a besoin de changer les pratiques de manière trop radicale, l'innovation risque de ne pas être adoptée.

Propos introductifs

Qu'est-ce que l'historien de l'agriculture, aussi historien de l'agronomie soit-il, peut avoir à dire sur des pratiques ou des techniques agricoles actuelles ? Ici, un gros scrupule épistémologique concerne le travail même de l'historien, soit éviter l'anachronisme et la téléologie. Aussi, je vais vous proposer un pas de côté et cela donnera peut-être à l'intervention l'aspect le plus « exotique » de la journée. Est-ce pour cela qu'elle est en dernier ? Je l'ignore. Il n'y aura pas directement de mise en question, de réflexion directe sur le contenu des interventions de la matinée. Je ne suis, certes, pas un grand lecteur de Simondon. En revanche, je préfère partir des travaux d'André Leroi-Gourhan qui nous explique que les faits techniques dépendent des conditions du milieu⁵⁴.

En fonction des régions (dans le sens le plus large, le plus flou, de la notion de région, au sens géographique du terme), les techniques de travail du sol diffèrent. J'ai essentiellement étudié ces techniques durant le XIX^e siècle, notamment à travers les travaux d'agronomes de la France de l'Est, principalement ceux de l'agronome lorrain Christophe-Joseph-Alexandre Mathieu de Dombasle, né en 1777 et mort en 1843⁵⁵. Mathieu de Dombasle était reconnu à son époque, et j'ai envie de dire mondialement, même si mondialement concerne surtout l'Europe du Nord-Ouest, pour avoir amélioré un type de charrue sans avant-train. C'était, en plus d'être un chimiste et un agronome de premier ordre, un grand communicant : il a fait croire à la planète qu'il avait inventé cette charrue. Or, j'ai pu démontrer qu'il n'avait pas inventé grand-chose, même s'il a quand même réussi à faire en sorte que cette charrue « porte » le nom de Dombasle, ce qui est remarquable d'un point de vue « médiatique ». Dans tous les cas, selon la région, les techniques de travail du sol, comme les pratiques quotidiennes des manœuvriers ou des valets de charrue, ne cessent de varier.

Dans mon exposé, je vais utiliser le terme paysan. Au XIX^e siècle, il n'est pas péjoratif. Pierre Barral a proposé une histoire du terme paysan montrant qu'en fonction des époques, il est

⁵⁴ LEROI-GOURHAN André, *Évolution et techniques*, Paris, Albin Michel : t. 1, *L'Homme et la matière*, 1943 ; t. 2, *Milieu et techniques*, 1945.

⁵⁵ KNITTEL Fabien, *Agronomie et innovation. Le cas Mathieu de Dombasle (1777-1843)*, Nancy, Presses universitaires de Nancy, coll. « Histoire des Institutions Scientifiques », 2009.

plus ou moins péjoratif⁵⁶. Au XIX^e siècle, le terme agriculteur renvoie davantage à celui qu'on appelle aujourd'hui agronome. Sur une longue durée (deux siècles), le sens des termes tend à changer. Au XIX^e siècle, « agronome » commence à être utilisé, mais on fait plutôt usage du terme « cultivateur ». Ceux qui « sont du pays » sont qualifiés de paysans.

Je vais prendre l'exemple du travail d'agronome de Mathieu Dombasle, car je me suis aperçu qu'il y a beaucoup de points communs avec ce que j'ai entendu ce matin. Je prendrai aussi l'exemple d'un autre agronome lorrain qui a œuvré à quelques kilomètres plus à l'Ouest, dans la petite ville de Toul, sur le domaine de Valcourt. Contemporain de Mathieu de Dombasle, Louis Poirot de Valcourt est né en 1771 et mort en 1855⁵⁷.

Le quotidien des techniques : l'exemple du travail du sol

Un des axes de mes travaux a été d'explorer le quotidien des techniques des manouvriers agricoles, notamment les valets de charrue. C'est une étude que j'ai menée à travers le prisme des publications d'agronomes⁵⁸. Toutefois, il est délicat d'aller retrouver des pratiques quotidiennes d'individus qui n'ont pas ou peu laissé de « traces » à partir de textes d'agronomes, surtout que l'agriculture au XIX^e siècle, c'est banal. Travailler le sol, le cultiver pour les contemporains, principalement des ruraux, sont des opérations techniques évidentes. On en parle donc peu et on écrit encore moins sur le sujet, sauf quelques agronomes. Ce qui est étudié ce sont donc davantage les représentations des agronomes sur le quotidien des techniques que ce quotidien lui-même. Mais une fois ce biais méthodologique connu, il faut se rendre compte que notre seule façon d'atteindre à ce quotidien c'est d'avoir recours aux textes agronomiques. Ce qui ressort principalement de ces textes sont les choses originales, innovantes, nouvelles ou, à l'inverse, ce que les auteurs veulent stigmatiser, ce qui est décrit comme « à changer ». C'est à travers ce prisme

⁵⁶ BARRAL Pierre, « Note historique sur l'emploi du terme paysan », in *Études rurales*, avril-juin 1966, p. 72-80.

⁵⁷ À son sujet, nous renvoyons à notre ouvrage **à paraître** : KNITTEL Fabien, *De la bibliothèque aux champs. Le travail d'agronome de Louis Poirot de Valcourt (1771-1855)*, Nancy, PUN-Éditions universitaires de Lorraine, coll. « Histoire des Institutions Scientifiques », 2015.

⁵⁸ KNITTEL Fabien, « Discours d'agronomes et savoirs profanes sur les techniques de labour (Lorraine, 1820-1840) », in *Annales de l'Est*, 2013-1, p. 233-245.

des discours savants d'agronomes que je suis allé chercher à la fois leurs considérations, et puis, en creux, le quotidien des techniques des « petites mains » qui labourent.

Mathieu Dombasle, lorsqu'il met au point une charrue sans avant-train, à la fin des années 1810 et au début des années 1820, a enlevé les deux petites roues qui se trouvaient devant la charrue. Cela reste une charrue et non un araire, car on utilise toujours une charrue avec un versoir dissymétrique⁵⁹. Il évoque longuement avec son valet de charrue le fonctionnement de l'outil. Son valet de charrue s'appelle Bastien, mais on n'en connaît pas plus à son sujet. Uniquement avec un prénom, il est difficile d'aller chercher dans les archives l'existence concrète d'un individu. Est-ce un homme de plume, fictif ou a-t-il réellement existé ? À mon sens, ils ont, au pluriel, existé : je fais l'hypothèse que plusieurs valets de charrue se sont succédé auprès de Mathieu de Dombasle, mais que pour faire simple et pédagogique, il a réduit « ses » valets à « une » seule personne. Peut-être celui qui a été le plus marquant pour lui, celui qu'il appelle Bastien ?

Le valet de charrue, Bastien, est souvent convoqué par Mathieu Dombasle qui lui pose énormément de questions sur sa pratique concrète de la conduite de la charrue. Il s'entretient régulièrement avec lui sur le fonctionnement de la charrue sans avant-train et sur toutes les autres machines agricoles qui sont testées sur l'exploitation agricole de Roville-devant-Bayon, non loin de Nancy (département de la Meurthe). C'est aussi à Roville-devant-Bayon que Mathieu de Dombasle a fondé le premier institut d'enseignement agricole pérenne en France à partir de 1826 jusqu'en 1843⁶⁰. Des tentatives ont été faites dès le milieu du XVIII^e siècle, mais ces structures d'enseignement durent peu de temps ou alors c'est un enseignement agricole dans des structures qui sont autres, notamment les écoles vétérinaires⁶¹. L'Institut agricole de Roville est le premier qui pendant vingt ans cherche à former ceux qui pourraient être qualifiés aujourd'hui de « techniciens agricoles », soit des

⁵⁹ Pour les détails des définitions, je renvoie à KNITTEL Fabien, *Agronomie et innovation*, op.cit., p. 503-504.

⁶⁰ KNITTEL Fabien, *Agronomie et innovation*, op.cit.

⁶¹ KNITTEL Fabien, « L'enseignement vétérinaire : un progrès pour le monde agricole (1761-1848). L'exemple lorrain », in *Cahiers lorrains*, 2004-1, p. 26-47 ; HUBSCHER Ronald, *Les maîtres des bêtes*, Paris, O. Jacob, 1999.

responsables d'exploitation agricole, plutôt de grandes exploitations. Durant cette formation, celui qui apprend à diriger une exploitation agricole ne met pas la main à la charrue. Il y a toujours un intermédiaire qui conduit la charrue : le valet de charrue. D'où ce va-et-vient entre le valet de charrue et celui qui gère – ou apprend à gérer – l'exploitation agricole. Toutefois, dans ces dialogues, on remarque une forme de déqualification des paysans, avec l'idée qu'on aurait une diffusion linéaire des techniques depuis les agronomes et leurs réflexions jusqu'aux paysans qui se plieraient aux nouveautés techniques, soit une diffusion allant, dans un seul sens, du détenteur du savoir jusqu'à celui qui peut l'utiliser. De fait, c'est un sens unique qui n'est absolument pas opératoire et qui masque une réalité bien plus complexe, car les schémas de diffusion de l'innovation sont plus variés et complexes, intégrant tous les acteurs dans des interactions nombreuses⁶². Finalement, l'existence d'échanges entre valet de charrue et agronome dans les textes publiés par Mathieu Dombasle montre l'intérêt de mesurer ces interactions entre les agronomes qui cherchent à améliorer le matériel de labour, plus largement, qui cherchent à améliorer les pratiques culturales, et puis les valets de charrue qui s'adaptent, certes, aux suggestions des agronomes, mais qui proposent aussi des modes de fonctionnement spécifiques⁶³. La difficulté dans la littérature agronomique du XIX^e siècle est qu'on ne discerne pas bien qui propose quoi. Souvent les agronomes « tirent la couverture à eux ». On a le sentiment, en les lisant, qu'ils apportent le savoir sans préciser quand le valet de charrue a vraiment fait une proposition. C'est le biais de la source qui est utilisée. Les propositions des valets de charrue, que l'on peut appeler à la suite de Robert Halleux des propositions profanes⁶⁴, sont parfois discutées et même reprises par certains agronomes. Mathieu Dombasle rend finalement justice à ces valets de charrue alors que d'autres, comme Poirot de Valcourt, participent davantage d'un processus de déqualification des paysans.

⁶² FLICHY P., *L'innovation technique. Récents développements en sciences sociales. Vers une nouvelle théorie de l'innovation*, Paris, La découverte, 1995.

⁶³ Ce que j'ai montré dans KNITTEL Fabien, « Discours d'agronomes et savoirs profanes... », *op.cit.*, p. 233-245.

⁶⁴ HALLEUX Robert, *Le savoir de la main. Savants et artisans dans l'Europe pré-industrielle*, Paris, Armand Colin, 2009, p. 7-8.

La charrue Dombasle



Innovations agronomiques et déqualification paysanne

Poirot de Valcourt a tendance à déqualifier les paysans en mettant au point un système de mesure, le dynamomètre, qu'il adapte sur la charrue. Il élabore une agronomie de la mesure mais, en même temps, déqualifie les praticiens⁶⁵.

C'est une question qui a été posée lors des interventions précédentes avec l'émergence de l'informatique et la présence des drones au-dessus des champs : dans quelle mesure, aujourd'hui, ces innovations provoquent-elles une déqualification des paysans/agriculteurs ? En écoutant les exposés, en particulier celui sur les drones, cela m'a rappelé l'outil pédagogique qu'on appelait « tour de plaine », théorisé par Michel Sebillotte à l'Institut National Agronomique de Paris-Grignon à la fin des années 1970⁶⁶. Précisément, c'est un texte ronéotypé de 1978, où Michel Sebillotte explique le « tour de plaine ». Quand j'ai lu ce texte, cela m'a rappelé autre chose : la conférence agricole de Mathieu Dombasle qui date de 1826 et qui était effectuée jusqu'en 1843, conférence agricole qui prend place justement dans une analogie avec la médecine puisque Mathieu Dombasle qualifie lui-même son approche de clinique agricole⁶⁷. L'analogie entre agriculture/agronomie et médecine est déjà là au XIX^e siècle. Mathieu Dombasle utilisait la métaphore du lit du malade pour qualifier le champ et la parcelle cultivée. L'agronome, tel le médecin, doit se pencher sur son malade et l'observer afin de le cultiver/soigner. C'est le principe du « tour de plaine », c'est-à-dire faire le tour des parcelles et observer les cultures afin d'en déduire les procédés culturels les plus

⁶⁵ JAS Nathalie, « Déqualifier le paysan, introniser l'agronome », in *Écologie et Politique*, n° 31, 2005, p. 45-55.

⁶⁶ SEBILLOTTE Michel, *Le tour de plaine*, INA-PG, ronéo, 1978 ; SEBILLOTTE M., « Analysing farming and cropping systems and their effects. Some operative concepts », in BROSSIER Jacques et al. (dir.), *Systems studies in agriculture and rural development*, Paris, INRA éd., 1994, p. 273-290.

⁶⁷ BENOIT Marc, KNITTEL Fabien, « De la conférence agricole au tour de plaine : naissance d'une pratique de pédagogie agronomique », in *Comptes rendus de l'Académie d'Agriculture de France*, vol. 87, n° 4, 2001, p. 105-112.

adéquats. Aujourd'hui, on s'aperçoit qu'avec un développement technique, que l'on peut qualifier de « plus abouti » avec les drones, cette observation peut aller bien au-delà. Ce qui est intéressant, c'est que, finalement, même si ce n'est pas le même procédé, ni même façon de faire, il y a dans cette intention quelque chose qui permet de questionner cette discipline très polysémique qu'est l'agronomie qui a du mal à se définir. Bien qu'institutionnalisée au XIX^e siècle, on n'a pas de définition nette et précise de l'agronomie⁶⁸. Bien sûr, il y a des définitions, des débats et des échanges, mais sur le plan épistémologique, la discipline n'est pas structurée comme certains aimeraient qu'elle le soit. Ce qui est certain, c'est que la place de l'observation y est centrale.

L'émergence d'une agronomie de la mesure au milieu du XIX^e siècle

L'agronomie de la mesure apparaît avec le fameux dynamomètre de Louis Poirot de Valcourt. Le dynamomètre est un outil qui a été inspiré par les militaires. Il a été mis au point à l'école d'artillerie de Metz à la fin du XVIII^e siècle⁶⁹. Installé sur la charrue, il sert à mesurer la résistance de l'outil dans la terre, afin de choisir le bon réglage qui permette d'adapter l'outil au sol qui est travaillé, sauf que cela s'accompagne d'un processus de déqualification des paysans. Auparavant, c'était le ressenti du valet de charrue qui comptait, le ressenti de celui qui tenait les manches, ainsi que l'observation des bœufs ou des chevaux qui tiraient la charrue : est-ce que l'animal transpire abondamment ? Est-ce que les animaux de trait sont fatigués... ? Dorénavant, avec le dynamomètre Valcourt, on se fonde sur une ligne tracée sur un cercle de papier où il y a des chiffres : l'émergence de cette agronomie de la mesure marque profondément l'agriculture au début du XIX^e siècle. Nathalie Joly travaille sur ces questions-là, notamment avec l'émergence des comptabilités agricoles⁷⁰. Cela ne m'étonne

⁶⁸ SEBILLOTTE Michel, « Logiques de l'agir et construction des objets de connaissance. L'invention de nouveaux dispositifs de recherche », in GAUDIN T., HATCHUEL A. (dir.), *Les nouvelles raisons du savoir*, Colloque de Cerisy, Prospective d'un siècle à l'autre, Paris, Éditions de l'Aube, 2002, p. 93-115 ; HENIN Stéphane, *De la méthode en agronomie*, Paris, L'Harmattan, 1999 [réédité en 1943].

⁶⁹ KNITTEL Fabien, *De la bibliothèque aux champs*, op.cit.

⁷⁰ DEPECKER Thomas, JOLY Nathalie, « Agronomists and accounting. The beginnings of capitalist rationalisation on the farm (1800-1850) », in *Historia Agraria*, n° 65, avril 2015, p. 75-94.

pas qu'à la fin du ^{xx}^e siècle, les agriculteurs se soient emparés aussi rapidement de l'informatique, car cette question de la mesure, de la comptabilité, est déjà très présente dès le ^{xix}^e siècle.

Champs et parcelles

Ce qui est intéressant aussi chez les agronomes – inspirés par les commentaires de ce matin et les interpellations auxquelles cela m'a conduit –, reste que la parcelle et le champ sont toujours les unités de base du travail à la fois agricole et agronomique. Le champ d'essai ou la parcelle expérimentale sont toujours là. Dans les fermes exemplaires et les fermes modèles du ^{xix}^e siècle, on travaillait déjà de cette façon. On isole un « petit morceau » de l'exploitation, une parcelle plus ou moins grande et puis on y mène des expérimentations. Pour la charrue Dombasle, c'est la même chose : Mathieu de Dombasle a isolé une parcelle et a testé sa charrue en lui enlevant l'avant-train, ce petit char à deux roues qui se trouve devant la charrue traditionnelle, car cela limitait le tirage, surtout dans les sols argileux (des marnes irisées du Keuper) cultivés à Roville. Un des deux mancherons est supprimé d'où la ressemblance de la charrue Dombasle avec un araire et, dans certains textes, la qualification fautive d'araire Dombasle. On voit la difficulté de la définition des termes techniques qui sont très changeants en fonction des époques et souvent utilisés de manière imprécise⁷¹. André-Georges Haudricourt et Marielle Jean-Brunhes Delamarre ont montré dans *L'Homme et la charrue à travers le monde*⁷² qu'on avait commencé avec un seul mancheron, puis on est passé à deux et là, on revient à un seul. Pourquoi un seul ? Parce que, grâce à ce nouvel outil, Mathieu Dombasle réduit la main-d'œuvre. Il réduit le nombre d'hommes qui guident la charrue. Auparavant, on avait deux hommes pour labourer avec la charrue lorraine traditionnelle les sols argileux très pénibles à travailler. À côté de Roville-devant-Bayon, il y a un village qui s'appelle Crévéchamps : étymologiquement « on

⁷¹ SIGAUT François, *Comment Homo devint faber*, Paris, CNRS éd., 2012.

⁷² HAUDRICOURT André-Georges, JEAN-BRUNHES DELAMARRE Marielle, *L'Homme et la charrue à travers le monde*, Paris, Gallimard, 1955, rééd. Renaissance du Livre, 2000.

se crevait au champ », car labourer des terres argileuses très compactes est très éprouvant. Pour Mathieu de Dombasle, le but est de faire en sorte que la traction soit facilitée, ce qui permet aussi de limiter le nombre d'animaux de trait et de limiter le nombre d'individus qui conduisent la charrue. Au lieu d'avoir six voire huit bœufs qui tirent la charrue, on passe à deux, parce qu'on a réduit l'effort de traction en enlevant l'avant-train et en mettant en place un régulateur, présenté comme une invention, alors que cette pièce de la charrue est connue depuis le Moyen Âge. Je vous ai dit le talent de « communicant » de Mathieu Dombasle. Surtout, il réduit la main-d'œuvre pour qu'il n'y ait plus qu'une seule personne qui guide la charrue. Avec une main, le valet de charrue manie le mancheron et, avec l'autre, les traits des deux chevaux ou bœufs qui servent à labourer. C'est présenté comme une avancée économique par Mathieu Dombasle qui prouve que l'exploitation est plus viable, car il y a moins d'animaux de trait à nourrir et moins de main-d'œuvre. De plus, les animaux sont moins fatigués et le labour est plus efficace dans le sens où il est plus « propre », comme il est écrit dans les sources, soit un labour rectiligne avec une raie dans le sillon totalement « propre » et bien faite⁷³.

Sur les champs d'essai sont organisés des concours de charrues. On pourrait croire que la charrue gagnante est celle qui permet d'aller plus vite. En fait non ! Ce n'est pas une question de vitesse, mais une question d'efficacité dans la réalisation du travail, en même temps que les animaux sont moins fatigués.

Pratiques innovantes et psychologie

Les méthodes de transformation culturelle qui ont été évoquées ce matin, notamment le passage du labour aux techniques culturales simplifiées et, ensuite, au semis direct sous couvert végétal posent des questions d'ordre psychologique au moment de leur acceptation ou de leur rejet par les praticiens. Cette question de la psychologie est fondamentale, car si on a besoin de changer les pratiques de manière trop radicale, on bloque et l'innovation n'est

⁷³ BOURRIGAUD René, SIGAUT François (dir.), *Nous labourons*, Nantes, Éd. du centre d'histoire du travail, 2007.

pas adoptée. Dans le cas de la charrue Dombasle, ce qui a posé problème reste le fait que celui qui laboure se retrouve seul. Cette solitude de l'individu au milieu de son champ a représenté un problème qui a pu être un obstacle à l'usage de ce type de charrue. Le valet de charrue ne peut plus discuter avec son voisin... C'est un élément gênant. Une autre gêne a été que les gestes qu'il y avait à faire avec une charrue sans avant-train étaient exactement l'inverse de ce qu'il fallait faire avec la charrue avec avant-train. Pour faire piquer la charrue avec avant-train, il faut soulever le manche tandis qu'il faut appuyer sur le manche pour faire piquer la charrue Dombasle. Les valets de charrue ont été quelque peu décontenancés. Ce sont là des freins à l'innovation. Mais la bonne « propagande » de Mathieu Dombasle a permis de montrer qu'il y avait plus de bénéfices que d'inconvénients à son innovation et il a réussi à l'imposer. C'est la grande innovation en matière de travail du sol avant le brabant double à la fin du XIX^e siècle.

J'ai fait mon pas de côté en vous évoquant principalement et essentiellement le labour alors qu'il a été plutôt critiqué pendant la journée... En même temps, ce ne sont pas les mêmes outils, ni la même technique. À l'époque, on n'avait pas encore les éléments intellectuels, mentaux, pour aller vers autre chose que cette pratique, sachant que la chimie agricole n'avait pas encore émergé et le labour n'était pas très profond (moins de 20 cm, le plus souvent). Il y avait une intervention au niveau de la structure du sol, mais pas au point de provoquer des dégradations aussi importantes, aussi intenses, que ce qu'on peut observer parfois avec certains labours de défonçage à l'aide du tracteur au XX^e siècle.

Finalement, la promotion de cette approche du labour était aussi d'aller contre les routines dont on a entendu parler durant cette journée, même si le mot a été très peu utilisé. Les routines sont souvent stigmatisées par les agronomes alors qu'elles ne sont pas aussi limitantes sur le plan technique qu'on voudrait le croire⁷⁴. Je préfère la notion de sens

⁷⁴ SIGAUT François, *Comment Homo devint faber*, op.cit. ; EDGERTON David, *Quoi de neuf ?*, Paris, Le seuil, 2013, 1^{re} éd. anglaise 2006.

pratique, ce qui permet de réintégrer les praticiens, donc les valets de charrue, et d'éviter de les stigmatiser en les déqualifiant. Aujourd'hui aussi, le rapport entre l'innovation et la routine est assez intéressant à analyser avec, parfois, ce phénomène de stigmatisation et de déqualification des paysans qui doit poser question.

Synthèse et développements

Sens des évolutions agrotechniques contemporaines à la lumière des interactions systémiques : vers l'invention d'une nouvelle culture technique agricole ?

Michel J.-F. DUBOIS et Loïc SAUVÉE

Introduction : comment comprendre le sens des évolutions agrotechniques⁷⁵ ?

L'agriculture n'est ni une science, ni une technique. C'est une pratique productive qui mobilise de nombreux outils et des êtres vivants domestiqués en utilisant les capacités productives du vivant sur l'ensemble d'un territoire. Le but historique de cette pratique est d'obtenir les éléments de base de l'alimentation, ainsi que divers autres matériaux à destination de l'habillement, du logement, du transport, de la santé, de l'énergie. Le questionnement fondamental soulevé dans ce séminaire est celle du sens, ou des sens, de l'évolution agrotechnique⁷⁶. Dans l'acception d'un concept « *forgé et mis au travail à partir d'une authentique intention scientifique, en marge des discours d'autolégitimation* [et qui]

⁷⁵ Comme précisé en introduction, ce texte a été rédigé *a posteriori*. Il s'appuie sur les différents textes, sur les débats et sur les échanges informels qui ont eu lieu lors du séminaire et pendant les différentes réunions préparatoires du GIS UTSH, ainsi que sur nos propres réflexions. Nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué directement ou indirectement à ce texte. Nous sommes seuls responsables des interprétations et analyses qui sont proposées ici.

⁷⁶ Cette question est l'objet, développé pour le fait technique en général, du GIS Unité des Technologies et des Sciences de l'Homme (www.utsh.fr). Sur ce point, voir LENAY *et al.* 2014.

n'est pas de facto synonyme d'allégeance faite aux utopies techniciennes et à leurs promoteurs »⁷⁷. C'est pourquoi nous partons de praticiens qui exposent leurs motivations fondées sur des problèmes qu'ils rencontrent, selon une approche transductive, non prescriptible par la logique, car elle est la « logique » du sens, celle du processus d'individuation⁷⁸.

Les intervenants du séminaire se sont focalisés sur l'angle technique. Certains mobilisent l'activité décrite par des praticiens qui réalisent les mises en place de nouveaux outils ou de nouveaux systèmes techniques à destination agricole, tout en ayant une réflexivité sur les évolutions de leurs pratiques. D'autres praticiens présentent leur démarche et comment la volonté de résoudre des problèmes techniques les a conduits, pas à pas, vers ce que nous pouvons nommer une ou des innovations. La participation de théoriciens des techniques – philosophes, historiens – se référant, entre autres, à la pensée de Simondon, de Leroi-Gourhan, de Sigaut ou de Haudricourt a permis des réflexions et des échanges qui prenaient en compte les dires des praticiens. Comment comprendre l'évolution technique actuelle agricole, notamment dans le contexte contemporain, qui est vécu comme une accélération ? Comment interagissent les outils techniques et les êtres vivants impliqués ? Quels sont les sens qui émergent ou peuvent être construits ? N'assiste-t-on pas à une certaine autonomisation de l'exploitation agricole qui tend à constituer un ensemble technique ? Et finalement, dans ce contexte évolutif, comment évolue la place de l'agriculteur et de son statut : comme ouvrier au service d'un système ou comme acteur clé du système ? Reste-t-il un intermédiaire entre la structure de l'exploitation agricole et le système territorial ? Est-il

⁷⁷ GUCHET, 2005.

⁷⁸ La démarche analogique de Simondon qui importe les concepts issus du développement des sciences dans la réflexion métaphysique et construit les concepts de métastabilité, de pré individuel ou de concrétisation, est un exemple de pensée transductive. Simondon l'a importée (selon une approche transductive) de « transducteur » qui est un dispositif convertissant un signal physique en un autre : l'œil, par exemple, est un transducteur naturel qui transforme un signal lumineux en signal nerveux. La transduction devient un des concepts fondamentaux de Simondon pour lequel « *elle s'applique à l'ontogenèse et est l'ontogenèse elle-même* ». La pensée de l'individuation est elle-même une individuation. Ce n'est donc pas un concept scientifique, mais un concept qui dit un processus de transformation. Selon Simondon, « *dans le domaine du savoir, elle [la transduction] définit la véritable démarche de l'invention, qui n'est ni inductive ni déductive, mais transductive [...]* », SIMONDON, 2005, p. 33.

pilote ou contrôleur d'une structure désormais intégrée, mais gardant son autonomie dans un système global ? En nous appuyant sur les témoignages des praticiens, sur les éclairages des chercheurs en sciences sociales ainsi que sur d'autres travaux de recherche, nous tenterons de définir ce qui semble émerger, ce que nous définirons comme un nouvel ordre technique agricole, et son lien à ce que nous pourrions qualifier de nouvelle culture technique agricole⁷⁹.

Notre propos s'articulera en plusieurs temps successifs. Dans un premier temps, nous reprenons une certaine lecture de la **crise paradigmatique de l'agriculture contemporaine (I)**. Nous montrerons notamment que cette crise a pour origine un déficit de représentations, corroboré par la volonté d'agriculteurs de s'en déprendre et par leur capacité à construire de nouveaux rapports à la technique. Les **changements dans les faits (II)** seront décrits et analysés dans cette perspective : en quoi et comment certains praticiens cherchent-ils à s'inscrire, dans ce qui pourrait être une bifurcation du sens de l'évolution agrotechnique, non en créateurs d'un sens préconstruit, mais davantage en tant qu'acteurs d'une solution à un problème posé par les techniques précédentes ? Ces changements nous permettent de définir les fondements de cette évolution qui a sa source, selon nous, dans l'émergence de représentations systémiques renouvelées des rapports homme/technique/nature/culture, alors même que représentations et pratiques de l'agriculture conventionnelle restent largement prisonnières d'oppositions binaires homme/technique, homme/nature, technique/nature et d'une vision substantialiste de la technique (LENAY *et al.*, 2014). Ainsi, **l'émergence d'une nouvelle culture technique agricole (III)** serait à l'œuvre. En effet, il ne s'agit pas de choisir entre, d'un côté, une connaissance de l'objet agrotechnique définie uniquement dans sa relation concrète au vivant producteur et, de l'autre, une connaissance rationnelle formalisée par un savoir

⁷⁹ Le terme « culture technique » est pris dans le sens que Simondon lui donne dans *Le mode d'existence des objets techniques*. Il écrit : « Ainsi, l'homme a pour fonction d'être le coordinateur et l'inventeur permanent des machines qui sont autour de lui [...]. Pour redonner à la culture le caractère véritablement général qu'elle a perdu, il faut pouvoir réintroduire en elle la conscience de la nature des machines, de leurs relations mutuelles et de leurs relations avec l'homme, et des valeurs impliquées dans ces relations », SIMONDON, 2012, p. 13.

d'ingénieur qui l'isole de ce sur quoi il agit. La question est au contraire de réaliser l'intrication ou de parfaire ce que Simondon appelle la concrétisation⁸⁰ de nouveaux ensembles techniques. Un de ses effets majeurs, mais qui est aussi une de ses conditions, est l'obligation de repenser la notion **d'autonomie de l'agriculteur (IV)**, laquelle est trop souvent vue en termes d'indépendance, qu'il s'agisse d'énergie, de semences, d'engrais ou d'outils de travail. Nous penserons ici l'autonomie en opposition à l'hétéronomie, comme concept relationnel désignant une modalité de relation à l'autre. Les blocages sur lesquels bute l'émergence de cette nouvelle culture technique sont complexes, d'où **l'importance d'identifier leur nature véritable, de l'ordre de la représentation systémique (V)** que l'on identifiera sous la triple dimension du frein économique, de la limitation psychologique, et du déficit de l'identité sociale. Au final, une clé de lecture renouvelée du sens de l'évolution agrotechnique permet d'identifier les ressorts véritables de ce qui, selon nous, se joue, à savoir un gain de concrétisation par une recherche d'interactions accrues et obtenues grâce au travail du praticien. Ce praticien, s'il parvient à surmonter les blocages, pourra par de nouvelles médiations multi-échelles entre technique et vivant accroître son efficacité technique et, partant, sociale. On conçoit que, si la production par surface est accrue, ainsi que la production par animal, par unité de travail humain et par unité de capital investi, l'efficacité microsociale à l'échelle de l'exploitation soit également accrue. En inférer que cela peut être général à plus vaste échelle territoriale est un autre problème qu'il conviendra d'étudier. Georges Guille-Escuret (2003) remarque qu'il y a une relation entre l'efficacité technique et l'efficacité sociale définie comme globale et, contenant la technique et les relations à l'écosystème, lorsqu'elle concerne l'effort d'une société pour reproduire son organisation et se maintenir. Il pose la question de savoir si l'efficacité technique observée

⁸⁰ Un objet est dit abstrait, selon Simondon, lorsque chaque fonction est apportée par une structure différente : « Toute intrication des fonctions dans une structure est une concrétisation. Ainsi, la roue avec roulement à billes est une synthèse du procédé des rouleaux, adapté, mais non autocorrélé, et de la roue, non adaptée, mais autocorrélée », SIMONDON, 2005b, p. 237. De même, « dans un moteur actuel, chaque pièce importante est tellement rattachée aux autres par des échanges réciproques d'énergie qu'elle ne peut être autre qu'elle n'est. [...] On pourrait dire que le moteur actuel est un moteur concret alors que le moteur ancien est un moteur abstrait », SIMONDON, 2005b, p. 23-24.

au niveau social le plus fin est la même que lorsqu'elle est confrontée au social dans son ensemble⁸¹. Réponse qu'il attend manifestement en priorité des technologues, économistes et écologue... Il est manifeste qu'un tel séminaire ne peut pas conduire à une réponse précise sur ce sujet, mais peut apporter de premiers éléments de réflexion. Reconnaissons plus précisément que les deux agriculteurs qui ont présenté leur approche ont un profil sociologiquement reconnaissable et font partie d'une « élite agricole », très à l'écoute des demandes sociétales (VIVIER, 2009). Tout ceci renvoie très exactement à la question initiale soulevée par Simondon dans sa définition de la culture technique comme « *conscience de la nature des machines [...] et de leurs relations avec l'homme, et des valeurs impliquées dans ces relations* »⁸². Ainsi, en partant d'une acuité technique accrue acquise par ces praticiens, nous arrivons à la question d'une réinvention de la conception d'une **technique médiatrice de la relation homme/nature (VI)**. Les oppositions binaires nature/culture, nature/artifice, culture/technique, homme/technique sont remises en question. Émerge alors une représentation de niveaux de concrétisation des systèmes techniques agricoles (du « moins » vers le « plus » de complétude de ces systèmes-objets techniques, qui va de pair avec l'invention potentielle ou réelle de nouveaux « objets », tout en y intégrant la notion des échelles), permettant ainsi **l'individuation de l'exploitation agricole à partir de son milieu associé (VII)**. Cette vision de la technique comme médiatrice de la relation homme/nature peut se lire dans une perspective historique longue. Historiquement, la technique est plus ancienne que la domestication, et sans la technique qui a permis l'agriculture et l'élevage, le processus de domestication n'aurait pas eu lieu. Ce processus peut être décrit comme une évolution des êtres vivants inclus dans la pression technique protectrice humaine. Par un raisonnement analogique, **l'évolution de la domestication (VIII)** nous montre en quelque sorte son côté prémonitoire. Les caractères de la domestication se développent peu à peu. Le chien, dont la durée de la domestication est au moins cinq fois plus longue que celle des

⁸¹ Sans même parler, à un niveau plus global, des liens entre le monde professionnel et le monde la recherche (AGGERI, HATCHUEL, 2003).

⁸² SIMONDON, 2012, p 13.

premières plantes ou animaux de rente, est aussi plus différencié. Cette évolution se poursuit sans qu'il soit possible d'en définir un sens *ex ante*. Ainsi, l'enjeu fondamental pour surmonter la crise des agricultures contemporaines pourrait bien être de contribuer à inventer un (nouvel) **humanisme technique agricole (IX)**.

I. Une lecture systémique de la crise paradigmatique de l'agriculture

Pour Michel Griffon, il apparaît une véritable crise paradigmatique agricole, à la fois nécessaire et analysable. L'hypothèse principale est fondée sur une augmentation globale nécessaire des besoins alimentaires – augmentation de 30 % de la population planétaire, élévation du niveau de vie – heurtant des limites physiques de mieux en mieux identifiées : changement climatique, énergies « fossiles », surfaces disponibles, disponibilité de l'eau, usage de stocks non renouvelables, etc. Il faut donc produire plus, tout en accroissant les mesures de protection de l'environnement, et même améliorer la fertilité des sols⁸³. Comment peut-on produire plus, alors que l'agriculture « productiviste » est critiquée, tout en protégeant l'environnement agressé par ce productivisme ? La solution serait d'accéder à de nouvelles représentations qui permettraient de nouvelles actions, basées sur l'interaction et la relation multi-échelles. Cette approche systémique, fondée sur l'utilisation des fonctionnalités biologiques et des nouveaux outils numériques, permettrait à la fois de répondre aux deux exigences. Elle définit le champ comme un objet technique (cf. l'intervention de X. GUCHET). Mais, souligne M. Griffon, nous n'avons pas encore de conception systémique adaptée à la situation.

Aussi, une question importante que posent les textes ci-dessus pourrait être : cette mutation agricole attendue, espérée, ne viendra-t-elle pas des agriculteurs eux-mêmes, à partir d'un savoir-faire qui peine à s'exposer selon les normes des productions scientifiques et non uniquement d'un savoir formel, lequel conduirait à la concrétisation de l'objet technique global qu'est la ferme et montrerait le fait systémique agricole nouveau à conceptualiser

⁸³ Sur ce point, voir le rapport Agrimonde (PAILLARD *et al.*, 2010).

après son invention ?⁸⁴

De fait, mais aussi de principe, il n'est pas possible de décrire *ex ante* comment l'approche systémique en agriculture va se mettre en place. Ce qui semble prévisible concerne la prise en compte de différents niveaux d'échelle. Les rétroactions, régulations et recyclages se situeront à plusieurs niveaux : ateliers, exploitations agricoles, communautés d'agriculteurs, différents types de territoires, entre territoires et, probablement aussi, à des échelles continentales. Il faudra penser les systèmes de systèmes. Or, le processus de cette intégration sera de l'ordre de la concrétisation, selon des processus transductifs, c'est-à-dire qu'elle résultera d'inventions et sera aussi contingente. Si des agriculteurs conduisent cette transformation, de fait, nous ne disposons pas des concepts pour décrire vers quoi elle va. Nous voyons seulement des indicateurs qui suggèrent que cette évolution, selon des modalités dont il resterait à décrire la « logique », conduit à la fois vers plus de complexité, plus de production, plus de marge, moins d'intrants et une protection accrue de l'environnement.

Sans la détailler davantage, nous reprenons à notre compte les propos de Michel Griffon qui développe dans son intervention une lecture de la crise agricole avant tout comme une crise « paradigmatique ». *« La technologie agricole entre dans l'ère de la dynamique des systèmes et du numérique. C'est une rupture avec la totalité des algorithmes intellectuels que nous avons utilisés jusqu'à présent et qui nous ont "gouvernés" sur une longue période. L'esprit humain pour gérer les raisonnements correspondants aura besoin certes d'essais et d'ajustements, mais aussi de simulations et de simulateurs »* (M. GRIFFON).

II. Le changement dans les faits

A. Gässler présente une approche fondée sur un objectif apparemment simple : protéger, conserver et améliorer la fertilité des sols tout en protégeant les aquifères. Conduisant au

⁸⁴ La FAO a publié en 2011 un document dont le titre est « Produire plus avec moins ». Elle propose un nouveau modèle de production agricole intensive, à la fois très productif et durable sur le plan de l'environnement. Dans ce document, les décideurs sont appelés à soutenir les agriculteurs dans cette démarche.

non-labour, elle conduit au semis direct, de là au couvert végétal permanent, et finalement à une re-conception complète des rotations. On obtient ainsi une reconfiguration des flux de sortie et d'entrée et l'intégration de recyclages à différents niveaux d'échelle. *« C'est donc un nouveau système cultural qui évite le travail mécanique du sol. Tout ce qui est mécanique est remplacé par des plantes »* (A. GÄSSLER). La production totale réelle est accrue, tandis que les intrants diminuent. Ce sont bien les fonctionnalités biologiques et pédologiques qui sont mobilisées comme des outils « pré-concrétisés ». Quelles sont les difficultés pour le praticien ? Pour Alfred Gässler, *« Il faut d'abord décompacter le cerveau et non le sol. Il faut comprendre la nécessité de successions de plantes nouvelles. "La difficulté n'est pas de comprendre les idées nouvelles, mais d'échapper aux idées anciennes" [dixit John MAYNARD KEYNES]. Il faut surmonter les préjugés acquis par des années de pratiques anciennes (et qui ont poussé leurs ramifications dans tous les recoins de l'esprit) »*. Il y a bien là une révolution conceptuelle à vouloir utiliser le vivant comme un outil dans un système complexe. En effet, cette utilisation n'est pas non plus un « forçage » technique. Elle se fonde sur la représentation que le vivant a des capacités qui dépassent encore largement celles de l'ingénierie. Au lieu d'imposer des méthodes fondées sur la linéarité des processus, il s'agit d'utiliser des fonctionnalités naturelles, systémiques, et de les « canaliser ». L'acteur technique agricole doit désormais être à l'écoute du vivant et s'appuyer sur ses modalités de fonctionnement. Ceci ne suggère pas un recul technique, mais une transformation de ce qu'est la technique qui doit viser la concrétisation en prenant le vivant comme modèle.

Cependant, ces choix conduisent à des productions nouvelles et les filières qui pourraient accueillir ces productions n'existent pas. Les difficultés de diversification des cultures sont désormais connues (MEYNARD *et al.*, 2013). Dans le système alimentaire global, il faut que cette diversification soit associée à des changements à différents niveaux d'échelle des filières pour que ces productions nouvelles apportent aussi à l'agriculteur des revenus. Non seulement il faut une révolution mentale de l'agriculteur, mais il faut qu'elle soit supportée par une transformation à des échelles supérieures (territoires, filières). Autrement dit, la

transformation doit avoir lieu en différents lieux, à différents niveaux d'échelle, les acteurs-réseaux devant se coordonner (LATOUR, 2015 ; DUBOIS *et al.*, 2015). La difficulté systémique s'accroît, car s'il faut « décompacter les cerveaux », ce sont des cerveaux situés en de nombreux nœuds différents d'interaction.

Michel Lucas expose comment il a réalisé ce déploiement. Il a utilisé son élevage comme filière interne de ces productions supplémentaires, tout en diminuant considérablement les intrants divers. Ce faisant, il accroît l'autonomie de son exploitation qui en revanche se complexifie et s'intègre. Ses ventes de produits finis s'accroissent dans des filières déjà bien établies. Le surplus est donc recyclé directement en interne. Optimisant ses productions grâce à ce recyclage interne, il peut investir dans de nouvelles technologies de production d'électricité (photovoltaïque sur les toits des étables et hangars) et robotiser son élevage. Il se retrouve avec du surplus de coproduction qu'il va à nouveau recycler en produisant du biogaz et de la chaleur pour sécher sa luzerne.

Ces trois premiers exposés montrent une transformation des schémas d'action, mais aussi des schèmes de pensée. L'exploitation agricole n'est plus pensée comme une structure qui reçoit des intrants permettant de maximiser la production d'une surface selon un processus linéaire (cf. l'intervention de P. DU JARDIN). Quatre niveaux de production sont mis en place, l'un après l'autre, avec recyclage et optimisation à chaque changement de niveau : production végétale, production animale, production d'énergie électrique, production de biogaz, de digestat et de chaleur. Un schéma simplifié est présenté sur la figure 1. De fait, dès sa mise en place, le SDCV se montre être un système avec recyclage qui accroît progressivement la fertilité du sol, et optimise, par des recyclages au niveau du sol, l'efficacité globale de la photosynthèse, non calculée par plante, mais par unité de surface. Le surplus de production en grain est exporté. Le surplus qui ne peut aller vers les filières (luzerne, pailles, coproduits divers) est disponible pour la litière des animaux et l'alimentation des animaux en produits riches en protéines – ce qui économise l'achat de concentrés –, et

pour la production de biogaz. Le SDCV permet en amont de minimiser les intrants (azote, énergie, phytosanitaires). L'élevage en stabulation produit du fumier, disponible pour la méthanisation et permet aussi de disposer de surfaces de toits orientés sud pour des surfaces de panneaux solaires photovoltaïques, permettant d'exporter de l'électricité. Le méthaniseur permet d'exporter du gaz, de produire de la chaleur pour sécher la luzerne, et du digestat qui peut retourner au sol, garantissant le recyclage de l'azote et du phosphore et donc les intrants correspondants.

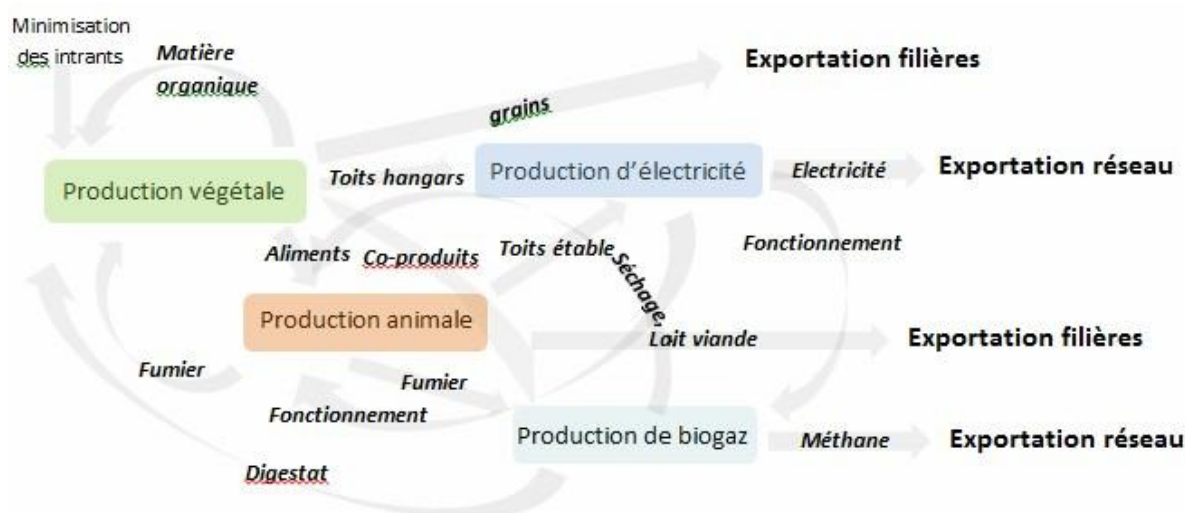


Figure 1 : figure schématique de l'exploitation de Michel Lucas montrant les quatre entités productrices en intégration systémique.

Nous n'avons montré ici que les flux matériels. Les interactions entre les cinq salariés, les 160 vaches, les différents bâtiments, les outils et machines et les champs conduiraient à un schéma nettement plus complexe. Mais il est manifeste ici que ce mode de production en agriculture est nouveau et vise à l'efficacité économique et écologique selon une approche systémique et intégrée.

III Une nouvelle culture technique agricole

On assiste là à une concrétisation de l'exploitation agricole pensée comme un objet technique intégré (cf. l'intervention de X. GUCHET). À l'origine, l'exploitation agricole est un

ensemble qualifiable d'« abstrait », selon la pensée de Simondon. Chaque objet technique est conçu pour une fonction spécifique, cloisonné, sans articulation. Le champ est pensé comme un objet naturel quasi inerte, doté de peu de fonctionnalités spécifiques. La concrétisation de l'exploitation assigne à chaque entité du système plusieurs fonctions qui interagissent et s'autocorrèlent. Le champ devient à la fois absorbeur optimisé d'énergie solaire (cf. l'intervention d'E. LEBRUN), producteur de grains pour l'exportation et d'aliments pour les animaux, système autogénéralant de la fertilité du sol – surface recyclant les coproductions végétales, animales et issues de la fermentation. « *Il comporte des systèmes de régulation, de contrôle, de distribution et de récupération* » (Xavier GUCHET). C'est un objet technique à part entière, intégrant des fonctionnalités du vivant. Pourtant, il est là, de fait, comme les animaux et son statut d'objet technique reste particulier : « *Il s'agit d'amener du génie biologique dans nos sols et de faire de nos sables quelque chose de nouveau : un outil performant* » (Michel LUCAS). Le champ, dans cette analyse, doit suivre un processus de domestication. Il est intégré dans le « système ferme », tout en gardant sa fonction originelle, et on peut imaginer à terme que les tracteurs qui le parcourent soient alimentés par le photovoltaïque et/ou par le méthaniseur. L'étable est aussi un objet technique complexe enveloppant le troupeau, producteur de fumier pour le méthaniseur, exportateur de lait et de viande, et producteur d'électricité pour l'ensemble et pour l'exportation. Quant au méthaniseur, Thierry Ribeiro nous montre que c'est aussi un objet technique mixte, combinant un ensemble technique de contrôle et de régulation d'un troupeau bactérien. Il exporte du gaz et produit pour le champ du digestat riche en azote, phosphore et autres sels minéraux. « *Le méthaniseur est finalement, en termes de process mais aussi de conduite, ni plus ni moins qu'un ruminant particulier avec une finalité différente. Il produit du méthane en priorité contre lait et viande pour le ruminant* » (Thierry RIBEIRO). Le méthaniseur est une sorte de convergence entre la technique et le vivant. « *C'est un atelier de transformation qu'il faut regarder comme les autres qui sont présents sur une exploitation agricole. L'agriculteur ne change pas de métier. Cela doit être une machine agricole comme une autre, qu'il est*

capable de piloter » (Thierry RIBEIRO).

Il y a bien là une nouvelle culture technique agricole qui optimise la production selon des modalités circulaires, davantage en alliance avec le vivant qu'en forçage selon une technique intrusive. Le schème de pensée est systémique : il intègre le vivant et la technique au point que les analogies opératoires sont manifestes mais, en même temps, il s'adapte à la singularité du vivant et à son hétérogénéité. *« Ces deux visées, de la prise en compte du caractère singulier de chaque animal d'un côté, et de la technicisation de l'élevage de l'autre, ne s'opposent donc pas contrairement à ce que l'on pouvait attendre. Il me semble par conséquent qu'il y a entre agriculture et médecine des modèles épistémiques convergents, alliant technicisation et individualisation ou personnalisation, et il serait peut-être intéressant d'interroger cela de manière plus approfondie » (X. GUCHET).*

Cette nouvelle culture technique agricole est consonante avec les nouvelles relations patientes/médecin/nouvelles technologies dans le domaine de la santé (cf. les interventions de X. GUCHET et F. KNITTEL). Nous assistons donc à une réinvention de la technique comme relation constitutive des rapports homme/nature/technique, avec la volonté de rendre plus étroites et imbriquées les relations entre l'individu/humain, l'individu/machine et l'individu/vivant, ce qui se traduit *in fine* par l'invention conceptuelle qui reste encore à élaborer. Les oppositions nature/culture, naturel/artificiel, culture/technique, homme/machine s'effacent au profit d'une vision des degrés de complétude et des niveaux de la concrétisation des (nouveaux) systèmes techniques. Mais *« l'idée qu'il faut aller vers une plus grande imitation de la nature dans l'agriculture n'est pas incompatible avec l'idée d'une, ou la visée d'une, maîtrise de la nature. » (X. GUCHET).* Au contraire, la nature dans cette nouvelle culture agricole est appelée à répondre davantage aux besoins humains. *« C'est ce qui fait que cette agriculture qui veut imiter la nature nous maintient dans la continuité de Descartes, c'est-à-dire dans une conception moderne de la nature et nous met très loin, par exemple, de l'idée d'un art imitant la nature telle qu'on la trouve déjà chez Aristote » (X.*

GUCHET).

Ce qui est décrit dans les interventions ci-dessus n'est pas un retour à la pensée aristotélicienne. *« En fait, s'il y a opposition entre deux agricultures, [...] c'est plutôt entre deux conceptions de la nature technicienne, et par conséquent entre deux conceptions de la technique. [...] Le point important est que cette agriculture post-révolution verte [est] une agriculture ultra-technicisée qui réintroduit au cœur de son rapport à la nature et de son rapport au vivant les normes du vivant lui-même, ou les normes de la nature elle-même, laquelle ne se plie pas à n'importe quel projet économique »* (X. GUCHET).

L'agroforesterie, telle qu'elle est décrite ici, s'intègre à cette nouvelle culture agricole technique. *« Le principe est de créer des agrosystèmes, écosystèmes complexes qui copient le fonctionnement de la nature autant qu'il se peut et qui doivent être construits pour utiliser correctement les ressources disponibles sur la parcelle »* (Aubin LAFON). Aussi, dès l'origine, l'agriculteur doit-il rendre cohérente la structure de son exploitation à ses objectifs. Quel est son projet ? *« Si l'arbre devient une gêne... Par exemple si quand je passe un coup de cover crop, j'ai deux plants d'alisiers qui sautent au bout d'une ligne parce que je n'ai pas laissé de tournière [...] car cela a mal été configuré à l'origine »* (Aubin LAFON). C'est pourquoi il faut avoir techniquement intégré l'ensemble des surfaces plantées en amont : *« Il faut faire attention dès le début. »* L'agroforesterie développée dans l'intervention d'A. Lafon n'est donc pas moins technique. Elle peut même venir après des choix présentés par M. Lucas, ou avant. Elle rajoute encore de la complexité dans le système, car l'analyse économique change alors d'échelle temporelle. Même l'arbre, être vivant, s'intègre dans le système technique de l'exploitation agricole. Il n'est pas utilisé pour sa seule production, mais aussi pour sa participation à l'enrichissement systémique de l'exploitation agricole. Il peut aussi avoir un rôle dépassant le territoire de l'exploitation agricole et le projet de l'agriculteur peut être en résonance avec un discours collectif dépassant les intérêts individuels (CALAME, 2008). Il n'est sans doute pas fortuit que ce nouvel âge de la technique agricole autorise

l'émergence d'une nouvelle culture agricole. En effet, comme le souligne Simondon dans les dernières pages de l'introduction à l'ouvrage *Du mode d'existence des objets techniques*, « *la technicité tend à résider dans les ensembles. Elle peut alors devenir un fondement de la culture à laquelle elle apportera un pouvoir d'unité et de stabilité, en la rendant adéquate à la réalité qu'elle exprime et qu'elle règle* » (SIMONDON, p. 16). L'élargissement systémique de la représentation autorise potentiellement cette émergence culturelle, autant qu'elle la facilite. Mais cet élargissement pose aussi la question de la (nouvelle) place de l'agriculteur dans le dispositif.

IV. L'autonomie de l'agriculteur

Le débat sur les drones a conduit de manière incidente à la question de l'autonomie de l'agriculteur. E. Lebrun insiste sur le fait que « *AIRINOV, jeune entreprise fondée par des enfants d'agriculteurs, se base sur l'utilisation de drones pour cartographier les champs et offrir aux agriculteurs, mais aussi aux semenciers, des outils d'aide à la décision* ». Cela conduit à ce que souhaitait Simondon : que les industriels proposent des outils adaptés aux demandes des agriculteurs, et non pas des outils auxquels les agriculteurs devront s'adapter. Mais cela exige que l'agriculteur, qui choisit de cartographier ses champs avec un drone, dispose des connaissances correspondant au traitement informatique et que cette nouvelle technique ne lui soit pas imposée, mais qu'il y vienne, car cela lui ouvre des possibles. Cette externalisation doit être celle d'une saisie et d'une analyse de données appartenant contractuellement à l'agriculteur. Aujourd'hui, les producteurs de tracteurs se rendent compte qu'ils doivent penser le tracteur de demain en fonction de la relation de l'agriculteur à son tracteur, en fonction de ses objectifs, de ses « usages » associés et qu'il faut parfois les « deviner »⁸⁵. De même, M. Lucas expose qu'à chaque nouvelle intégration technique, il a d'abord fait l'effort de comprendre ce que le nouvel outil apportait avant de décider comment le prendre, le modifier, l'adapter à ses besoins. « *Loin d'être le surveillant*

⁸⁵ Communication orale d'un dirigeant d'un groupe tractoriste, faite en dehors de ce séminaire.

d'une troupe d'esclaves, l'homme est l'organisateur permanent d'une société des objets techniques qui ont besoin de lui comme les musiciens d'un chef d'orchestre » (SIMONDON, 2012, p. 12). Les méthodes de traitement des données issues des captures d'images par drones sont, de fait, classiques et connues. Leur avantage est la précision et la rapidité. Il est donc important que le traitement des données saisies ne soit pas une « boîte noire », mais un processus identifié sur la base de connaissances agronomiques partagées avec l'agriculteur.

Le concept d'autonomie *« implique l'aptitude à émerger de situations conflictuelles en se constituant des alliés en nombre suffisant. Penser l'autonomie, c'est penser ses rapports aux autres dans le double but de ne pas leur être assujetti et de leur montrer les bénéfices qu'ils peuvent tirer de l'autonomie. Plus que l'indépendance, elle comporte une modalité relationnelle. [...] L'autonomie collective précède, de loin, l'autonomie individuelle. »* (Blaise OLLIVIER, 2004). Selon cette définition, l'agriculteur autonome peut être une émergence à partir d'un agriculteur précédemment hétéronome – dont les paroles et les actes ne proviennent pas de lui. On pourrait faire une histoire de l'agriculteur comme individu hétéronome au sortir de la Seconde Guerre mondiale, ne tirant pas de son propre discernement les choix techniques à prendre et suivant sans recul critique suffisant les directives imposées. Les interventions ci-dessus montrent au contraire que, dans cette « révolution agricole » qui se profile, certains agriculteurs revendiquent leur autonomie et, en particulier, la sortie de ce qu'ils nomment *« le formatage ou compactage du cerveau »*. Mais cet accès à l'autonomie a de lourdes conséquences. Ils se plaignent de manquer de répondant, de personnes pour échanger ou pour les accompagner dans leur démarche et, surtout, ils découvrent un manque de savoirs théoriques, formalisés. Cet accès à l'autonomie demande une reconnaissance de cette autonomie par ceux qui détiennent et/ou construisent les savoirs. Du début du XIX^e siècle jusqu'au milieu du XX^e siècle, s'est formé un mode de construction des savoirs qui a été, dans l'industrie, d'une *« redoutable efficacité »* (CARON, 2010). Il mettait en contact quatre sphères d'activité bien distinctes : le monde des

entreprises, le monde des métiers, le monde des ingénieurs et le monde académique. Au centre de cette interconnexion, trois acteurs majeurs : l'entrepreneur, l'universitaire et l'ingénieur. Caron (2010) insiste sur la nécessaire collaboration des tenants du savoir-faire (artisans ou techniciens), ceux du savoir formalisé (ingénieurs) et ceux de la création de savoirs (scientifiques). Mais il reconnaît que, parfois, la même personne peut intégrer deux fonctions. F. Knittel nous rappelle qu'en agriculture, Dombasle lui-même écrivait des dialogues entre l'ingénieur agronome et le « valet de charrue ». Caron affirme que *« l'entreprise innovante était ainsi celle qui réussissait à bien interpréter la nature des évolutions du système technique et du marché, et à utiliser les moyens et compétences existants pour satisfaire les nouvelles demandes »*.

Cette description de l'innovation, bâtie sur la base de plus de cent cinquante ans d'histoire industrielle, semble mettre l'agriculture de côté. Ce que nous lisons des interventions précédentes est qu'il se passe dans l'agriculture d'aujourd'hui un phénomène semblable à l'innovation industrielle du siècle précédent, mais avec des différences remarquables. D'abord, les agriculteurs qui s'expriment ici sont aussi des entrepreneurs. Autrement dit, ils sont à la fois dans le savoir-faire et dans l'entrepreneuriat. Aucun ne revendique d'être ingénieur et encore moins d'être scientifique. En revanche, ils reconnaissent qu'ils avancent dans un domaine pour lequel ils n'ont pas de réponse de ceux qui sont censés savoir. Et ils se tournent à la fois vers les ingénieurs et les scientifiques, non pas pour faire ce qu'on leur dit de faire, mais pour échanger, dialoguer et progresser. Ils sont demandeurs d'échanges dans l'autonomie. Simondon (2014a) écrit, dans une de ses conférences sur la technique (la mécanologie), qu'au milieu du ^{xix}^e siècle, quand la technique et la science se sont rencontrées, cela a été comme un coup de foudre, le grand amour, un émerveillement qui a duré quand même plus d'un siècle. Aujourd'hui, ce couple a vieilli et, si son entente se maintient, cela n'a évidemment plus la même charge d'enchantement. Il n'est pas certain que l'agriculture ait connu cette rencontre. Même si, de 1950 à 1990, l'agriculture a connu une évolution extraordinaire puisque la productivité a été multipliée par trente et les

rendements multipliés par au moins trois, cela ne s'est pas fait dans une relation égale entre entrepreneurs/agriculteurs, ingénieurs et scientifiques, sauf pour une minorité d'agriculteurs. Scientifiques et ingénieurs se sont associés mais, pour la grande majorité des agriculteurs, cela s'est traduit par « l'exode rural » et, pour la majorité de ceux qui restaient, l'obéissance aux injonctions. Aujourd'hui, la situation devient différente, car nous voyons ici des agriculteurs qui innovent – si l'on en croit le rapport de Marion Guillou, rendu en juin 2013, ils étaient à ce moment-là de l'ordre de 3 000 –, souvent en dépit des scientifiques et ingénieurs et qui souhaitent établir cette relation dont l'histoire a montré que, dans d'autres contextes, elle avait été très efficace (GUILLOU, 2013).

Dans ce contexte, il convient d'être très attentif à l'émergence des nouvelles technologies et, en particulier, au traitement des données afin que les agriculteurs qui font cette agriculture souhaitée par M. Griffon et la FAO ne soient pas à nouveau spoliés de leur autonomie, comme entrepreneurs et détenteurs d'un savoir-faire qui attendent un partenariat dans l'autonomie avec les tenants du savoir et de sa construction. Favoriser l'autonomie de l'agriculteur conduit aussi à une diversité des agricultures : *« Maintenir une diversité parmi les différents modèles agricoles permet d'élargir les possibilités d'innovation et de s'assurer de garder une place pour l'agriculture dans les sociétés de demain »* (PETIT, 2015).

V. L'importance d'identifier la nature des blocages de l'ordre des représentations systémiques : freins économiques, limitations psychologiques, déficits d'identité sociale

Les exposés précédents donnent différents éclairages complémentaires sur ce que l'on pourrait nommer des « blocages » ou des limitations, qui sont de l'ordre des représentations : du système, du métier, de la place possible de l'agriculture dans son système économique, de l'idée de ce que chaque agriculteur perçoit de son rôle, etc. Ainsi, selon Michel Griffon, l'ingénieur doit transformer son approche formelle. Pour Alfred Gässler ou Michel Lucas, l'agriculteur doit affronter ses propres référents intellectuels ou le regard de ses voisins, parfois, se retrouver face à l'opposition de ses financeurs ou bien découvrir

l'absence de réglementation en cas de nouveauté (Michel Lucas). De même, Thierry Ribeiro soulignait les difficultés à faire valoir un nouveau mode de valorisation à la ferme face à la réglementation actuelle. Et tous soulignaient les manques en termes de connaissances, les insuffisances, voire les réticences, de l'environnement technique, scientifique, économique, quand on veut faire différemment de la technique agricole. Nous mettons plus spécifiquement en évidence ces blocages en évoquant trois ordres distincts de représentations systémiques : celles ayant trait aux freins économiques, aux limitations psychologiques et aux déficits d'identité sociale.

Pourtant, les présentations par ceux qui sont en train de réaliser le changement, et qui y réussissent, pourraient faire croire que c'est relativement facile. Il suffirait de repenser le mode de production. Mais, de fait, le nombre encore très réduit d'exploitations agricoles sur le chemin de cette transformation suggère des blocages très profonds. Si M. Griffon montre la grande difficulté à penser de manière systémique, A. Gässler et M. Lucas décrivent une approche pas à pas qui cherche, à chaque étape, à débloquer le facteur limitant du système. Ils disent bien qu'il faut « penser système », mais ils n'en décrivent pas les composantes. Ils donnent néanmoins à voir comment ils ont procédé. Et leur approche ressemble à celle décrite par F. Knittel sur l'évolution du labour au XIX^e siècle. L'évolution technique ne peut pas suivre n'importe quel chemin. Tout inventeur technique part de ce qui est fait et cherche à faire évoluer son système sociotechnique sans pour autant réaliser *a priori* une transformation de sa représentation. Mais, ce faisant, il peut à un moment remettre en cause un élément fondamental, ni questionné, ni même exposé, du système. C'est le cas du labour qui, sans que cela ait été affirmé ou revendiqué en tant que tel, était devenu le fondement de la représentation de l'identité sociale agricole : un vrai agriculteur devait être un laboureur. Progressivement, dans les deux présentations d'A. Gässler et de M. Lucas, le labour passe de la situation de fondement identitaire à celui de destructeur de la vie du sol. On passe du concept de travail bien fait à celui d'alliance avec la vie du sol. Mais, ce changement de représentation, qui n'est pas une opposition directe à l'ancienne mais davantage un

changement de registre, vient après l'effort cognitif et technique qui consiste à trouver un passage évolutif résolvant un problème technique : la battance du sol et son érosion pour A. Gässler ; un sol sans tampon hydrique pour M. Lucas. On ne met pas en place directement un nouveau système technique. On déplace des nœuds, étape après étape, afin de résoudre les problèmes résultants entraînés par chaque changement antérieur. M. Lucas commence en drainant et irriguant : son champ devient un objet technique à part entière. Puis, il cherche à enrichir et stabiliser son sol. Puis, il cherche à optimiser la production résultante, etc. De même, A. Lafon montre que l'agroforesterie peut devenir un objet intéressant après une longue trajectoire conduisant à une transformation du système cultural. On ne peut pas non plus décider de mettre en place un méthaniseur avant d'avoir réalisé une transformation du système qui génère des coproduits à recycler. Tous les chemins pour passer d'un système à un autre ne sont pas possibles.

Celui qui réussit pense autonomie dès l'origine, ce qui pose indirectement la question sous l'angle économique. Ne pouvant dépendre de décisions des acteurs maîtrisant les filières, que peut faire un agriculteur qui se retrouve à surproduire ce qui n'intéresse pas le marché ? Il le recycle en le valorisant sur son exploitation. Il accumule de la valeur ajoutée, sans se préoccuper de savoir si c'est « plus rentable ». On peut en conclure à la présence d'une intuition, non dite par les acteurs, que d'un côté l'efficacité de l'ensemble est supérieure à la somme des efficacités des parties et de l'autre qu'il faut en permanence « ajuster » et donc être très attentif aux messages apportés par le système, savoir lesquels observer. Chaque recyclage par rapport à de l'importation (engrais, concentrés, tourteaux, etc.) est probablement analytiquement moins rentable, mais il conduit à densifier sur place la valorisation technique, et des synergies apparaîtront, qu'il conviendra d'ajuster. Le coût de l'autonomie est surtout psychique, cognitif, organisationnel. Le gain est certainement l'autonomie en soi qui va conduire à pouvoir ajuster sans cesse les différentes composantes jusqu'à la concrétisation. La finalité et la vision l'emportent sur la comptabilité analytique, et la dimension psychologique est fondamentale dans cette capacité de dépassement des

visions et des représentations classiques. Comme le dit Michel Lucas, il faut ajouter de la performance dans le système, mais il ne dit pas comment il la calcule. Il la mesure, après coup. Pourtant, la démarche est bien cartésienne, prenant les problèmes un à un, comme le montre X. Guchet.

Cette autonomie est montrée, sans être probablement pensée à l'origine, construite sur une croyance fondamentale d'alliance possible avec le sol conçu comme un monde vivant, autrement dit une alliance avec la nature. Pour la dominer, il faut d'abord la prendre telle qu'elle est, et peu à peu, sans la bousculer, au contraire en s'appuyant sur ses réactions, l'amener dans la direction voulue. Il est frappant que les deux exemples évoqués par M. Lucas et A. Gässler insistent sur la productivité de leur choix et sur la performance globale du système : moins d'intrants, moins de travail au champ et davantage de production. Cet aspect n'a pas été questionné durant la discussion. Un échange avec A. Gässler, hors de cette journée, conduit à estimer que des choix classiques d'optimisation, sans tous les tâtonnements résultants de cette orientation, auraient probablement été plus performants économiquement parlant à court terme, même si la situation d'aujourd'hui est finalement devenue meilleure qu'avant le changement. Mais, manifestement, la motivation n'était pas dans l'optimisation progressive des résultats financiers, elle relevait davantage d'une préoccupation que l'on pourrait qualifier ici d'éthique, avec tous ses relais sociaux et psychologiques. Cependant, il y avait aussi la conviction que ces choix devaient amener à plus de performance sur la base d'une conception non explicitée que l'alliance avec la nature devait être plus productive, y compris sur le plan économique...

Cela rejoint les conclusions d'Elsa Berthet (2014) sur les questions de conception conjointe de l'écosystème et de l'agrosystème, mais sous un angle inattendu. Selon Elsa Berthet, la méthode agronomique classique a exclu, de fait, les régulations écologiques. Quant à l'écologie, elle a bien fourni de nombreuses connaissances sur les régulations écologiques, mais hors cadre de la production agricole. Ce qui conduit à une crise de l'action : « *Comment*

mener des raisonnements de conception sur des objets aussi complexes et couplés que les écosystèmes ? » (BERTHET, 2014). Comment piloter les régulations écologiques au sein des agrosystèmes, sans rien savoir sur l'effet des nouvelles régulations à mettre en œuvre ? Mais Simondon nous a montré que la plupart des objets techniques nouveaux sont à l'origine « abstraits ». La concrétisation est un processus dans la durée. Il est probable que la pensée classique agronomique, avec sa « *logique de découplage des objets de conception* » (BERTHET, 2014), est un frein considérable à la concrétisation d'un ensemble technique tel que l'exploitation agricole. Il en est encore plus dommageable pour un territoire plus vaste ou à des niveaux d'échelle supérieurs. L'acteur agriculteur, si tant est qu'il soit capable de surmonter ses diverses limitations, pourrait être susceptible d'inventer, chemin faisant, de nouveaux « agro-écosystèmes ».

Mais l'agriculteur qui cherche à minimiser ses intrants tout en maximisant sa production, à tâtons, n'est-il pas en train de montrer une voie d'action, en l'absence de conception *a priori* d'un agro-écosystème productif, par une méthode transductive ? Ses raisonnements ne sont pas scientifiques, mais techniques : il cherche une optimisation en associant autocorrélation à différentes échelles, adaptation, intrication des fonctionnalités biologiques et finalement concrétisation. Cette hypothèse devrait être validée plus précisément en comprenant comment procèdent les agriculteurs qui arrivent à augmenter leur production, en dépit des conseils techniques « classiques », tout en apportant moins... Si elle l'était, elle conforterait que, de son côté, il s'agit bien d'une croissance d'autonomie : autocorrélation, interactions systémiques et concrétisation iraient de pair et confèreraient à l'objet ainsi défini une autonomie accrue.

VI. La technique agricole, médiatrice de la relation homme/nature

Après Mauss, Leroi-Gourhan, Haudricourt, Simondon, Sigaut et conformément à leurs apports, le positionnement de la technique comme médiation dans la relation de l'homme à la nature paraît ici fondamental. S'il existe un « propre de l'homme », il est manifeste que la

production et l'évolution incessante d'outils, d'instruments et d'ustensiles en font partie. Il n'existe pas de collectivité humaine sans un système technique élaboré, et ceci a commencé à se construire bien avant l'émergence de l'*Homo sapiens*. Avant de chercher, éventuellement, à différencier la nature de la culture, il faut avoir compris la nécessité d'une technique et avoir élaboré une culture technique. La technique est le moyen qui permet aux hommes d'entrer en contact avec la nature, y compris celle de son corps. Ce faisant, elle crée des conditions sélectives nouvelles d'évolution de la nature dans l'environnement sociotechnique.

L'ensemble des interventions montre bien qu'aucun des auteurs ne revendique une minimisation de l'influence technique ou une naturalisation de la technique. Au contraire, comme l'écrit X. Guchet : « *Considérer un terrain agricole comme un système de compatibilité entre des éléments interdépendants [...] n'implique pas du tout de passer d'une conception technicisée de la nature à une conception naturalisée de la technique [...] ou encore à passer d'une conception ultra-technicisée de la nature à une conception moins technicisée de la nature [...]. On passe, au contraire, d'une conception insuffisamment technicisée de la nature, celle de Descartes, à une conception plus et mieux technicisée de la nature.* » Ici, la technique, désormais justifiée par des concepts scientifiques tirés de la biologie ou de l'écologie, à tort ou à raison, reste le moyen d'organiser la nature et d'en utiliser les fonctionnalités. Le biomimétisme n'est finalement pas une copie servile des processus naturels, mais leur utilisation en les intégrant dans des systèmes techniques de plus en plus fins. On pourrait ici parler de réinvention de la technique comme médiation constitutive des rapports homme/nature/culture. Cette nouvelle technique agricole décrite s'appuie sur les cent cinquante dernières années de progrès scientifiques dans les sciences du vivant, et même va encore de l'avant, puisque les praticiens demandent encore plus de recherche pour comprendre le sol, la microbiologie, les interactions écologiques, etc.

Leur volonté de dialoguer avec « le sol vivant » ou d'obtenir une fertilité « naturelle » accrue

du champ, ce que les praticiens montrent, englobe leur acuité technique et leurs besoins de nouveaux savoirs scientifiques. Pour mieux travailler avec la nature, les agrotechniciens réclament du savoir scientifique. On est bien loin de la représentation d'une nature ingénieuse toute-puissante. En effet, encadrée et stimulée par une technique adaptée, la nature pourrait montrer ses capacités productrices. Avec cette nature adaptée se pose en fait la question, apparue en filigrane de bon nombre des interventions de praticiens, du milieu technique associé, actuel et à créer, de l'exploitation agricole.

VII. Individuation de l'exploitation agricole et liens au milieu technique associé

Ce qui est décrit ici est une concrétisation progressive de l'exploitation agricole, alors qu'elle n'est ni un outil, ni une machine, ni même une usine. C'est un ensemble complexe d'êtres humains, d'êtres vivants non humains, de machines, de bâtiments et d'un objet, le champ, qui a failli être considéré comme forme inerte et acquiert nouvellement le statut de « vivant », orchestré par le dirigeant agricole. Les différents ateliers s'intègrent de plus en plus. Les fonctionnalités écosystémiques sont pensées en interaction. Le champ devient un objet technique régulé tout en étant reconnu « vivant ». Au-delà d'un seuil qu'il ne sera peut-être pas nécessaire de définir précisément, l'exploitation agricole acquiert une forme d'individualité. Les ateliers sont des organes plurifonctionnels. L'intensification de la production conduit à une stabilisation de la croissance en termes de surface, ou encore l'absorption d'une surface complémentaire conduit à une réintégration dans l'unité de fonctionnement. Une croissance de cette « nature » peut être métaphoriquement conçue comme une phagocytose avec reconstruction de l'ensemble, davantage qu'une fusion-acquisition dans une entreprise, ce qui peut, bien sûr, conduire à la réorganisation de l'ensemble, à sa re-conception. On peut donc conclure, dans le cadre de ce qui est présenté, qu'un processus d'individualisation de l'exploitation agricole, selon ce qui a été présenté, a lieu dans la durée. Dans ce cas, la question devient : quel est le milieu associé de l'exploitation agricole à partir duquel procède cette individualisation ?

Pour le trouver, il convient de revenir sur l'histoire agricole⁸⁶. À l'origine, on ne peut pas parler d'une individuation technique de l'unité de production agricole. Deux processus sont à l'œuvre dans l'émergence de l'agriculture. Les outils nécessaires existaient déjà avant l'agriculture elle-même : systèmes de stockage, utilisation du bâton fouisseur et de la faucille. Avant le néolithique, des villages se situaient là où les ressources naturelles étaient suffisantes sans besoin d'agriculture (TESTART, 2012, p. 325-399). M. Griffon nous a parlé de l'agriculture sur abattis-brûlis, itinérante et sans individualité technique propre. Il semble qu'au début de l'agriculture, il n'y avait pas d'individualité agricole, même si chaque paysan était probablement doté d'une surface propre. Les empires agraires contrôlent la production et définissent les prélèvements nécessaires pour le maintien des armées et des agents des États. Dans les structures de la Grèce antique, chaque citoyen était aussi propriétaire de son propre champ. S'il y avait individualité, elle était fondée sur le citoyen. La Rome impériale, qui a conduit à d'immenses *latifundia* travaillées essentiellement par des populations d'esclaves, n'avait pas d'autre individualité que celle de la famille propriétaire. Au Moyen Âge, abbayes, monastères, mais aussi seigneuries, régentaient des surfaces considérables, sans individualités techniques spécifiques. C'était des unités politiques ou sociales, mais pas des individus techniques.

Avec la croissance des populations citadines, dotées de moyens de paiement, les marchés deviennent le moyen d'écouler les surplus agricoles, relativement faibles par rapport à la production totale. C'est seulement fin du XVIII^e siècle, début du XIX^e siècle, qu'avec la mécanisation de la moisson, la mobilisation des villageois pour la moisson va devenir moins importante, ce qui permet le début de l'exode rural vers les industries. Les enclosures, au Royaume-Uni, après la Flandre, ouvrent une ère d'émergence d'un début d'individuation de l'exploitation agricole (MAZOYER et ROUDART, 1997). Mais le champ n'est pas toujours complètement régulé et contrôlé. Les différents ateliers sont très séparés. Les processus

⁸⁶ BELLWOOD, 2005 ; MAZOYER, ROUDART, 1997.

sont pensés de manière linéaire. L'exploitation agricole est un patchwork d'outils indépendants.

La révolution verte ouvre une ère d'intensification indéniable, mais il reste que l'unité de l'exploitation agricole reste très abstraite, dans le sens simondonien : pas d'intégration technique, seulement des activités techniques séparées. Le sol est considéré comme une matière inerte. Les techniques sont séparées, non intégratives et toutes les relations sont linéaires. Cette époque ouvre une situation nouvelle où un agriculteur est capable de produire de quoi nourrir plus de vingt personnes, mais l'individuation de l'exploitation agricole reste faible. Les remembrements et les disparitions d'exploitations agricoles au rythme de plus de 3 % par an se poursuivent. Ce rythme se poursuit encore aujourd'hui. La très grande majorité de la population est devenue citadine.

On peut en déduire que si ce qui est décrit par M. Lucas est bien un processus d'individuation, il n'a peut-être pas de valeur d'exemplarité autre que dans le processus décrit, lequel pourrait se voir dans toute autre activité agricole, selon des processus semblables de transformation des champs en objet technique – quoique reconnu « vivant », optimisation des intrants, autonomisation énergétique, intégration des ateliers, recyclage des coproductions, spécificité des produits exportés. On voit par exemple en viticulture une croissance de l'autonomie de la vinification sur les exploitations, jusqu'à la mise en bouteille et l'exportation du produit fini. Des pratiques agro-écologiques pourraient conduire à des coproduits agricoles recyclés permettant une forme, partielle, d'indépendance énergétique, voire la création de nouveaux types d'ateliers, etc.

Serait-ce une évolution générale ? Ou verra-t-on apparaître de multiples agricultures, tant dans la nature des productions que dans la diversité des processus d'individuation ? Seul l'avenir nous le dira. Mais il semble difficile de nier l'émergence de ce processus d'individuation que l'on peut observer auprès de milliers d'entités agricoles, rien qu'en France. Il faudrait probablement étudier plus précisément l'histoire personnelle des

agriculteurs innovants pour analyser plus précisément leur relation à la culture, de fait, urbaine. Quand Michel Lucas, par exemple, parle de son histoire, il décrit un souhait de mode de vie qui pourrait être décrit comme typiquement citadin. Il dit bien qu'il souhaite vivre « comme tout le monde », ce qui n'est pas le cas de l'éleveur traditionnel qui, lui, vit très différemment. Cette individuation de l'exploitation agricole est largement corroborée par la question de la domestication vue ici comme composante clé d'un processus à l'œuvre depuis les débuts de l'hominisation.

VIII. Détour par un raisonnement analogique : l'évolution de la domestication dans l'individuation de l'exploitation agricole

La première domestication est certainement celle de l'homme par lui-même (SLOTERDIJK, 2000 ; TAYLOR, 2010), selon un processus très long d'effets rétroactifs des premières techniques. Mais ce n'est pas pour autant qu'il a domestiqué des plantes et des animaux immédiatement. Longtemps avant l'agriculture (près de 100 000 ans, d'après les analyses moléculaires), il a domestiqué le chien. En termes de morphologie, la variété des races de chiens dépasse celle de l'ensemble des autres espèces de canidés. On pourrait en conclure que le besoin d'autres domestications n'a pas existé ou n'a pas pu se montrer avant l'agriculture qui, elle, va produire la domestication de plantes et d'animaux herbivores ou omnivores.

La domestication après le chien résulte de l'agriculture et non l'inverse (TESTART, 2012 ; GUILLAUME, 2010). Autrement dit, historiquement, la technique agricole est la source de la domestication. Cultiver une plante dans le but de produire crée de fait une situation de sélection – artificielle, dans le sens de « créée par ce processus de production » – qui fait qu'au bout d'un certain nombre de cycles, des caractéristiques nouvelles des plantes cultivées vont apparaître, par sélection des variétés plus conformes aux besoins agricoles : ce sont les exemples de la non-déhiscence des fruits ou des gousses (légumineuses), l'accroissement, voire l'hypertrophie, de la taille de la partie consommée, de la dominance

apicale, de l'homogénéité de la précocité, de la perte des épines, de la coloration appétente. Chaque espèce, en fonction de la production attendue par le cultivateur, subira une pression de sélection différente. On constate que plus la domestication a été longue et forte et plus l'espèce domestiquée diffère de l'espèce naturelle. Au point que de nombreuses espèces cultivées ne sont plus capables de survivre dans la nature : blé, maïs, piment, poivron, chou-fleur, etc. Le commerce, ou au moins la circulation des semences, a commencé certainement très tôt, depuis plusieurs millénaires. Des espèces domestiquées en Asie arrivent en Europe (blé, millet, pomme, cerise...). Vers 800, dans l'Empire carolingien, des textes législatifs recommandent le renouvellement des semences et leur achat sur le marché (BOULAIN, 1992). Cela signifie que déjà certains agriculteurs se spécialisent dans la sélection et la production de semences.

C'est en 1856 que Louis de Vilmorin publie sa *Note sur la création d'une nouvelle race de betterave et considération sur l'hérédité chez les plantes* qui pose les bases de la théorie qui va permettre l'émergence de l'industrie semencière moderne. Tous les semenciers qui se constitueront dès la fin du XIX^e siècle et durant la première moitié du XX^e siècle sont des agriculteurs qui se spécialisent dans la sélection et la production de semences. Cette diversification est à l'origine d'une accélération de la productivité agricole, au point que rapidement, les pouvoirs publics, dans tous les pays, légifèrent pour protéger cette activité, voire imposer ses produits aux agriculteurs.

Que peut-il se passer en termes d'évolution végétale dans le cadre de cette individuation agricole avec recyclage des produits et nouvelles conditions de production ? Il va de soi que l'agriculteur dans cette situation peut difficilement sélectionner (dans le sens de la création variétale) les variétés les mieux adaptées à ses choix. Il reste que les 6 hectares d'essais décrits définissent une sélection de fait, mais à partir des propositions des sélectionneurs. Les sélectionneurs à l'écoute des marchés proposeront ce qui y correspond au mieux. Ils finiront par cibler de nouvelles qualités. Les marchés de semences devraient alors se

spécifier davantage, se multiplier et accompagner ce changement. C'est ce qu'observe et communique l'Union Française des Semenciers. Le nombre de variétés croît, la part de marché de chacune baisse et les cycles de renouvellement se rétrécissent. On peut donc aussi renverser le raisonnement : l'éclatement des cibles et l'accélération des changements de variétés pourraient être des indicateurs de la spécificité croissante des productions agricoles et du processus d'individuation des exploitations agricoles. Les traits (selon la terminologie des semenciers) deviennent de plus en plus précis et sont présentés comme répondant à une demande spécifique. Le génie biologique et génétique qu'est, de fait, le métier de création variétale, va devoir être de plus en plus ciblé et viser des conditions de production finale de plus en plus variées. Et c'est bien ce qu'on observe dans les techniques modernes de sélection.

Qu'en est-il pour les élevages ? On peut également conclure à une orientation semblable. La précision accrue des outils et des instruments et l'utilisation du numérique provoquent un accroissement de la précision des mesures et des évaluations ainsi que, symétriquement, une demande de plus en plus précise et peut-être plus variée, selon les productions. L'adaptation des animaux aux robots devient un nouveau critère de sélection, de même qu'ils ont été sélectionnés depuis des millénaires pour répondre aux attentes des éleveurs. On a vu, par exemple pour la race charolaise, le développement d'une sous-race sans corne, laquelle, en vingt ans, a fini par s'imposer. Conformément à cette hypothèse de l'individuation technique des fermes, nous entrerions dans une intégration nécessaire plus forte entre la technique générale de conduite de la ferme et la génétique des plantes et des animaux. Les nouveaux outils de sélection et création variétale ne sont, dans ce sens, que le reflet de ce processus d'individuation continu.

Mais ce processus peut également concerner les sols et l'ensemble de la vie qui y est associé. En traitant le sol comme une matière inerte, en apportant tous les intrants nécessaires, on a sélectionné progressivement une vie dans le sol, adaptée, mais appauvrie,

à cette situation. Le retournement décrit est frappant. Il est bien dit qu'il faut revenir à un « sol vivant ». Cela conduit à une transformation systémique, puisque le sol n'est plus un support quasi inerte, mais un allié avec lequel il faut travailler dans un but de production. La technique de fermentation en réacteur sélectionne également un certain type de bactéries, généralement anaérobies, et le retour au sol du digestat, s'il contient trop de bactéries anaérobies, peut éventuellement poser un problème. Il peut y avoir besoin d'un intermédiaire technique modifiant le contenu du digestat.

Ce processus d'individuation de la ferme pourrait donc être pensé en termes de poursuite du processus de domestication. Le vivant est appelé à évoluer et à s'adapter à la demande technique, mais la proposition technique, en couvrant tout l'espace de l'exploitation agricole, consiste à intégrer dans l'espace domestiqué le sol et les êtres vivants qui l'habitent. François Sigaut (1988) a demandé une clarification du concept en posant que ce concept empirique confond différentes réalités comme l'appropriation de l'animal, sa familiarisation avec l'homme ou son utilisation. Marcel Mazoyer et Laurence Roudart (1997) avaient rappelé que la domestication, qui consiste à créer des conditions artificielles de milieu qui favorisent le développement des espèces exploitées, avait déjà été inventée par plusieurs espèces de fourmis. Puis, André Micoud (2010) suggère que les catégories « domestique » et « sauvage » sont obsolètes. Ici, nous employons ce terme pour les plantes, les animaux et tout autre être vivant dans le sens d'un processus (TELETCHÉA, 2011) conforme à la description de Mazoyer et Roudart, autrement dit un processus long et continu qui peut, dans certaines conditions, être réversible, et qui peut avoir plusieurs fins : rente, animal familier... Mais il existe des cas d'irréversibilité. Par exemple, quand l'être vivant ne peut plus se reproduire sans l'intervention humaine ou hors de ses conditions d'existence modifiées par l'homme. Ceci permet de comprendre la complexité d'une définition précise de « l'être vivant domestiqué ». On peut arbitrairement considérer des limites précises, mais on se heurtera à la difficulté d'une définition générale de la frontière entre sauvage et domestiqué selon les règnes, embranchements, classes, ordres, familles, voire genres. Ici, nous nous

focalisons sur le processus de domestication qui est un processus d'évolution complexe provoqué par une sélection humaine, dite ici artificielle, qui diffère de la sélection naturelle. Dans de nombreux cas, il est facile de distinguer une espèce domestiquée du taxon sauvage le plus proche, et ce d'autant plus que le processus est ancien. Mais il existe tous les cas intermédiaires et ce d'autant plus que la domestication est récente et/ou que la pression de la sélection humaine est faible, ou encore qu'il s'agit d'une espèce inféodée qui profite de niches écologiques créées par l'homme sans pour autant être volontairement utilisée par l'homme.

IX. Vers un humanisme technique agricole ?

X. Guchet conclut que *« ce n'est pas simplement une question de nouveau rapport à la nature. C'est aussi une question de rapport à la technique et donc peut-être de ce qu'il faudrait appeler une nouvelle culture agrotechnique générale à constituer ou à développer dans le monde agricole »*. Peut-on voir dans la concrétisation du terrain agricole, espace contenant du vivant et technicisé, tel qu'il apparaît comme objet conduisant à l'individuation de la ferme, l'émergence d'une nouvelle culture technique agricole ? Apparition d'une culture technique qui se transforme de fait par la reconnaissance explicite que les processus biologiques sont les alliés de la production et non plus une matière inerte, indifférente à la forme qui lui est imposée ? On vient de le voir par l'intermédiaire d'un raisonnement analogique : ce qui se joue sous nos yeux est la poursuite, par d'autres voies, avec des moyens techniques accrus, de processus de *domestication* toujours plus complexes, permis essentiellement par la mise en concrétisation, via de nouvelles échelles systémiques, d'interactions homme/technique/vivant jusqu'alors inexplorées, non inventées, non potentialisées, non représentées. L'agriculteur deviendrait, malgré ses dires, un véritable ingénieur du vivant. Il s'associe à la nature comme à une partenaire : lorsqu'il suit toutes les mesures du robot de traite, c'est pour mieux répondre aux demandes des animaux ; lorsqu'il demande un passage de drone sur ses champs, c'est pour voir ce qui s'y passe ; lorsqu'il

analyse les sols dans le SDCV, c'est pour scruter comment ils se portent.

Ce qui nous est donné à voir dans ces évolutions agrotechniques contemporaines est que même les cartographies des champs peuvent être utilisées directement par l'agriculteur, après appropriation, comme des moyens plurifonctionnels à même de répondre à ses besoins. L'émergence de cette nouvelle culture technique agricole s'effectue simultanément sur plusieurs plans. Pour l'agriculteur, c'est tout d'abord *se déprendre des représentations systémiques existantes*, elles-mêmes enchâssées, comme l'ont montré les témoignages d'agriculteurs notamment, dans des ordres économiques, sociaux, psychologiques, et d'en inventer, grâce à son imagination, de nouvelles. Mais c'est aussi être capable de constituer concrètement de nouveaux objets et de nouveaux systèmes techniques, en marge ou avec l'appui de partenaires associés. Puis, c'est aussi être capable d'imposer à l'industrie ses choix et de prendre de cette dernière ce qui correspond à ses besoins. L'agriculteur, capable de ces déprises successives, invente sa culture technique agricole, non plus purement technicienne et dominatrice, mais ouverte aux possibilités que lui offre le monde du vivant.

Ce serait aux ingénieurs et aux scientifiques, extérieurs à l'exploitation, de répondre aux appels de ces agriculteurs innovants qui se montrent plus productifs et toujours plus ouverts aux savoirs que la science pourrait leur apporter. Ils restent « empiriques ». Ils refusent le qualificatif d'ingénieur au sens restreint du terme, mais démontrent une réelle ingéniosité, signe d'un véritable génie du vivant. La menace sur une nouvelle culture technique agricole ne vient pas uniquement du risque de dépossession de leur activité par le « *Big Data* ». La volonté réglementaire, normative et scientifique pourrait avoir le même effet, si la concrétisation que ces agriculteurs mettent en œuvre n'est pas comprise et que la volonté scientifique et technique de normalisation abstraite, avatar d'un goût de la domination, les en empêche. Or, on voit la réglementation, par exemple pour la méthanisation ou pour l'épandage d'azote (chimique ou pas) sur les cultures intermédiaires, s'opposer à ce qui est pourtant une véritable optimisation conforme aux besoins du système. De même, l'absence

de réglementation sur le digestat empêche ces agriculteurs de réaliser les tests nécessaires. Raisonner normativement et généralement *a priori* signifie ici s'opposer à un processus d'individuation qui concerne inévitablement le singulier, le multiple et le spécifique.

Il faudrait favoriser la formation des agriculteurs systémiques empiriques, autant par réseau, que par la formation d'animateurs techniques, eux-mêmes ouverts à cette ingéniosité concrétisante et intuitive. Cette formation elle-même devrait être innovante et sortir de la logique qui « du savoir, conduit à l'application du savoir ». Ici, le savoir se construit chemin faisant. Les acquis s'élaborent en tâtonnant, à la recherche de la boucle qui optimise les fonctionnalités à un moment donné, de la suppression d'une technique qui devient inutile, à l'ajout d'une autre qui s'intègre mieux. Le vivant, selon le vocabulaire de Simondon, est l'exemple du concret. Pour intégrer le vivant et la technique, il faut procéder un peu comme le vivant lui-même, en bricolant, c'est-à-dire en intégrant ce qu'il y a de présent, sans plan préétabli. Autrement dit, cette intégration aura lieu par une évolution de la technique qui intègre des représentations, venues des sciences biologiques notamment. Ce bricolage est donc, en quelque sorte, téléguidé par une vision intuitive des chemins possibles, une opération qui en même temps rend possible une structure nouvelle. Le bricolage qui conduit à l'innovation et à ce que Simondon nomme la concrétisation est un concept relativement ancien que l'on retrouve chez les économistes, les biologistes ou les philosophes (SCHUMPETER, 1926 ; JACOB, 1981 ; KAPLAN, 1995, 2004). On pourrait se poser la question si la transduction définie par Simondon n'y correspond pas. Il s'agit d'une démarche qui n'est pas logique, mais analogique. Selon Simondon (2005b, p. 32-35), il s'agit d'« *une opération [...] par laquelle une activité se propage de proche en proche à l'intérieur d'un domaine, en fondant cette propagation sur une structuration du domaine opérée de place en place : chaque région de structure constituée sert à la région suivante de principe de constitution. [...] L'opération transductive est une opération en progrès* ». Bricoler signifie s'appuyer sur ce qui existe et prendre dans l'environnement ce qui va permettre de générer une nouvelle structure-fonction. Il ne s'agit pas d'une confusion entre propagation d'une force et

transmission d'une information, mais d'un terme décrivant l'apparition d'une structure par une opération qui s'appuie sur cette structure. On n'est, certes, pas ici dans une démarche scientifique classique.

Ce qu'il faudrait acquérir, probablement en priorité, est une méthodologie d'écoute et de dialogue avec le vivant plutôt qu'une représentation toute construite du systémique et de la complexité. Les praticiens qui nous décrivent leur chemin en ont une intuition, peut-être floue puisqu'ils peinent à l'expliquer, mais ils peuvent et savent la montrer. En effet, leur cheminement n'est pas une approche d'ingénieur classique : c'est celle d'un ingénieur qui revendique la référence au vivant. Or, ce qui permet d'évaluer chaque étape reste bien des mesures et le recours à la démarche scientifique classique n'est en rien incompatible avec cette démarche, bien au contraire. En effet, grâce à cette approche, les agriculteurs peuvent alors donner aux chercheurs le temps de se construire les représentations de la complexité qui leur conviennent.

Pour conclure, nous pouvons ici, en l'appliquant à l'activité technique agricole, invoquer un texte de Jean-Louis Le Moigne qui fait également écho au texte de François Sigaut placé en exergue de l'introduction à cet ouvrage et qui soulignait avec prescience l'élargissement nécessaire de la connaissance dans les domaines de la technique agricole. « *Ré-légitimer une culture scientifique qui soit indissociable de la culture humaine, entrelacée dans et par l'expérience du "Faire pour Comprendre autant que du Comprendre pour Faire", une culture d'ingénieur, au sens noble du terme, ingénieurs qui conçurent et construisirent pyramides et temples, vaisseaux et canaux, domestication des animaux et sélection des graines comestibles, art d'administrer les cités, invention et déploiement d'innombrables modes de symbolisation à fin de communication* » (LE MOIGNE, 2015). C'est tout l'enjeu de l'invention d'une nouvelle culture technique agricole.

Bibliographie

AGGERI Franck., HATCHUEL Armand, *Ordres socio-économiques et polarisation de la recherche dans l'agriculture : pour une critique des rapports science/société*, Sociologie du travail, 45(1), 2003, p. 113-133.

BELLWOOD Paul, *First farmers. The Origins of Agricultural Societies*, Blackwell publishing, 2005.

BERTHET Elsa, *Concevoir l'écosystème, un nouveau défi pour l'agriculture*, Paris, Presse des Mines, 2014.

BOËDA Éric, *Technologique & Technologie : Une Paléohistoire des objets lithiques tranchants*, archéo-éditions, 2013.

BOULAIN Jean, *Histoire de l'agronomie en France*, Paris, tec-Doc Lavoisier, 1992.

CALAME Matthieu, *La tourmente alimentaire. Pour une politique agricole mondiale*, Paris, Éd. Charles Léopold Mayer, 2008.

CARON François, *La dynamique de l'innovation*, Paris, Gallimard, 2010.

DUBOIS Michel J.-F., LAVIER G., RANDRIANASOLO-RAKOTOBÉ Hanitra, *Opérationnalisation d'une agriculture durable : quels rôles pour les coopératives ? Une approche transdisciplinaire*, RIODD, Montréal 15-17 juillet, 2015.

DU JARDIN Patrick, « "Penser la technique" : clé pour un développement durable », in *Quelle transition pour nos sociétés ?*, 1^{er} Congrès interdisciplinaire du développement durable, 31 janvier-1^{er} février, Namur, Belgique, 2013, p. 35-47.

GALLAIS André, *De la domestication des origines aux plantes transgéniques*, Versailles, Édition Quæ, 2013.

Griffon Michel, *Qu'est-ce que l'agriculture écologiquement intensive ?*, Versailles, Édition Quæ, 2013.

GUILLE-ESCURET Georges, « Efficacité technique, efficacité sociale. Le technique est-il dans le social ou face à lui ? », in *Techniques & Culture*, Revue semestrielle d'anthropologie des techniques, (40), 2003.

GUILLOU Marion, *Rapport sur l'agro-écologie remis au ministre de l'Agriculture*, juin 2013.

GALLAIS André, *De la domestication à la transgénése*, Versailles, Édition Quæ, 2013.

GUCHET Xavier, *Les sens de l'évolution technique*, Paris, Éditions Léo Scheer, 2005.

GUCHET Xavier, *Pour un humanisme technologique. Culture, technique et société dans la philosophie de Gilbert Simondon*, Paris, PUF, 2010.

GUILLAUME Jean, *Ils ont domestiqué plantes et animaux*, Versailles, Édition Quæ, 2010.

HAUDRICOURT André-Georges, *La Technologie science humaine*, Paris, Édition de la Maison des sciences de l'Homme, 1988.

HAUDRICOURT André-Georges, *Des gestes aux techniques. Essai sur les techniques dans les sociétés pré-machinistes*, Paris, Édition de la Maison des sciences de l'Homme et Éd. Quæ, 2010.

JACOB François, *Le jeu des possibles*, Paris, Fayard, 1981.

KAPLAN Francis, *L'irréalité du temps et de l'espace*, Paris, Cerf, coll. Passages, 2004.

KAPLAN Francis, *Le paradoxe de la vie*, Paris, La découverte, coll. Science et société, 1995.

KNITTEL Fabien, « L'Europe agronomique de C.J.A. Mathieu de Dombasle », in *Revue d'histoire moderne et contemporaine*, n° 1, 2010, p. 9-138.

LENAY Charles, SALEMBIER Pascal, LAMARD Pierre, LEQUIN Yves-Claude, SAUVÉE Loïc, « Pour une recherche technologique en sciences humaines et sociales », in *SHS Web of Conference*, vol. 13, SHST 2013-UPEC : sciences humaines en sciences et techniques – Les sciences humaines dans les parcours scientifiques et techniques professionnalisants : quelles finalités et quelles modalités pratiques ? Paris-Est Créteil, France, 7-8 février, 2013, A. Bernard, M. Dell'Angelo, S. de Montgolfier, A.-S. Godfroy, M. Huchette, A. Mayrargue et C. Roux (éds.), 2014.

LARRERE Raphaël, « Agriculture : artificialisation ou manipulation de la nature. La nature n'est plus ce

qu'elle était », in *Cosmopolitiques*, n° 1, 2002, p. 158-173.

LARRERE Catherine et Raphaël, *Du bon usage de la nature : pour une philosophie de l'environnement*, Éditions Flammarion, 2009.

LEROI-GOURHAN André, *L'homme et la matière*, Paris, Albin Michel, 1943.

LEROI-GOURHAN André, *Milieu et technique*, Paris, Albin Michel, 1945.

LATOUR Bruno, *Changer la Société, refaire de la sociologie*, Paris, La découverte, 2015.

LE MOIGNE Jean-Louis, *La théorie du système général. Théorie de la modélisation*, coll. Les classiques du réseau, Intelligence de la complexité, 2006, 338 p.

LE MOIGNE Jean-Louis, *Chronique de « La Théorie du Système Général – Théorie de la Modélisation »*, 2015, <http://www.intelligence-complexite.org/fileadmin/docs/1505jldmg.pdf>.

MAUSS Marcel, *Techniques, technologie et civilisation*, édition et présentation de Nathan Schlanger, Paris, PUF, coll. Quadriga, 2012.

MAZOYER, Marcel., ROUDART Laurence, *Histoire des agricultures du monde*, Paris, Seuil, 1997.

MENDRAS Henri, *La fin des paysans*, Paris, SEDEIS, 1967 ; Arles, Actes Sud, coll. « Babel », réédition 1992.

MEYNARD Jean-Marc., MESSEAN Antoine (coord.), *Freins et leviers à la diversification des cultures. Étude au niveau des exploitations agricoles et des filières*, rapport INRA, 2013, 226 p.

MICOUD André, « Sauvage ou domestique, des catégories obsolètes ? », in *Sociétés* 2010/2, n° 108, p. 99-107.

OLLIVIER Blaise, « Autonomie », in *Vocabulaire de Psychosociologie*, BARUS-MICHEL J. (dir.), ENRIQUEZ E., LEVY A, Paris, Érès, 2006, p. 50-60.

PAILLARD Sandrine, TREYER Sébastien, DORIN Bruno (coord.), *Agrimonde. Scénarios et défis pour nourrir le monde en 2050*, Versailles, Édition Quæ, 2010.

PETIT Sandrine, « Faut-il absolument innover ? À la recherche d'une agriculture d'avant-garde », in *Cahier de l'environnement de l'INRA*, n° 65, mars 2015.

SCHUMPETER Joseph, *Théorie de l'évolution économique (Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung)*, Paris, Dalloz, 1926, rééd. 1999.

SEBILLOTE Michel, *Fertilité et systèmes de production*, Versailles, Édition Quæ, 1989.

SIGAUT François, « Une discipline scientifique à développer : la technologie de l'agriculture », in *Cahiers des Ingénieurs Agronomes*, 1976, n° 307, p. 16-21 ; n° 309, p. 15-19.

SIGAUT François, « Critique de la notion de domestication », in *L'Homme*, tome 28, n° 108, Les Animaux : domestication et représentation, 1988, p. 59-71.

SIGAUT François, *Comment Homo devint Faber*, Paris, CNRS, coll. Biblis, 2012.

SIMONDON Gilbert, *L'individuation à la lumière des théories de la forme et de l'information*, Paris, Millon, 2005a, rééd. 2013.

SIMONDON Gilbert, *L'invention dans les techniques*, Seuil, 2005b.

SIMONDON Gilbert, *Du mode d'existence des objets techniques*, Paris, Aubier, 2012 (éd. originale 1958).

SIMONDON Gilbert, *Sur la technique*, Paris, PUF, 2014a.

SIMONDON Gilbert, *Imagination et invention*, Paris, PUF, 2014b.

SIMONDON Gilbert, *Communication et Information*, Paris, PUF, 2015.

TELETCHÉA Fabrice, « Qu'est-ce qu'un poisson domestique ? Implications pour le développement futur de l'aquaculture », in *Ethnozootechnie*, 2011, n° 90, p. 7-12.

TESTART Alain, *Avant l'histoire : l'évolution des sociétés, de Lascaux à Carnac*, Paris, Gallimard, 2012.

SARRAZIN François, *Les élites agricoles et rurales : concurrences et complémentarités des projets*, Rennes, PUR, 2014.

SLOTEDIJK Peter, *Règles pour le parc humain suivi de La domestication de l'être*, Mille et une nuits, 2000.

TAYLORS Timothy, *The Artificial Ape : How Technology Changed the Course of Human*, Palgrave Macmillan, 2010.

VIVIER Nadine, *Élites et progrès agricole : xv^e-xx^e siècle*, Rennes, PUR, 2009.

VON UEXKÜLL Jacob, *Mondes animaux et monde humain ; suivi de Théorie de la signification*, Paris, Pocket, 1965.

Annexe

Les débats

Débat après l'exposé de Xavier Guchet

Guillaume CARNINO – Tu as employé l'expression de machine concrète ouverte et je me demande toujours dans quelle mesure la concrétisation n'est pas synonyme de fermeture, dans la mesure où l'interdépendance entre les éléments peut produire des systèmes qui sont très difficilement modifiables.

Xavier GUCHET – Oui, il y a dans l'idée de concrétisation une idée d'interdépendance forte entre les parties, mais la concrétisation est aussi la prise en compte d'un milieu, d'un environnement dans lequel la machine doit fonctionner. La machine concrète a aussi, pour Simondon, à prendre en compte les besoins des usagers. En tout cas, dans ce texte sur l'agriculture, c'est très clair. Il parle de concrétisation dans le domaine agricole en suggérant un renversement de la démarche de l'industrie, de l'industriel, dans son rapport à l'agriculture. Il s'agit pour ces derniers d'aller vers la conception de machines agricoles qui ne s'imposent pas à des usagers qui doivent s'y adapter et s'y accommoder, mais qui au contraire répondent à des besoins d'usagers. En gros, Simondon milite pour ce qu'on appelle la recherche-action.

Charles LENAY – Dans cette reprise des exposés, il y a un absent : le numérique, donc des capacités de calcul, etc. Je me disais, même si cela dépasse le cadre du séminaire, que le rapport au schème hylémorphique n'est pas si simple, parce que l'emploi du mot

« information » que fait Simondon n'est pas adapté à notre manière de traiter l'information. Simondon n'est-il pas déjà hylémorphique ? Comment retiens-tu le numérique dans une approche concrète ?

Xavier GUCHET – C'est justement le problème que je soulevais dans le deuxième point. Cela m'apparaît comme une tension interne d'ambivalence entre d'une part l'agriculteur défini par son milieu d'intervention et la nature du vivant définie en relation avec sa manière d'intervention. Par exemple, le sol pensé comme objet technique et de l'autre côté ce que j'ai appelé un risque d'expropriation. Quand l'agriculteur en vient à définir des plans d'intervention et à assurer le *monitoring* de son exploitation, sa connaissance de l'exploitation définit des modalités d'intervention à partir d'un système numérique de captation, de stockage, de traitement d'analyse, de cette information. Et c'est un risque, s'il n'est pas partie prenante de ce traitement qui fonctionne comme une boîte noire. Il y a quelque chose qui n'est plus du tout de l'ordre de la concrétisation par définition. Il est plutôt de l'ordre de l'expropriation par la constitution d'un savoir qui se constitue sans l'aide de l'agriculteur. C'est exactement le problème qui se pose dans cette médecine personnalisée. Il y a un débat extrêmement important sur le rôle du médecin généraliste : sera-t-il celui qui, demain, sera exproprié de ces savoirs qui viennent des biologies moléculaires, de la captation des données moléculaires et du traitement de ces données ? Va-t-il simplement devenir un médecin presse-bouton ? Évidemment non ! Mais la question se pose. Celle de l'expropriation du praticien de son propre savoir par rapport à un savoir formaté ailleurs. La question peut-elle se poser dans ces termes en agriculture par rapport à l'arrivée du numérique ? Le débat est ouvert.

Jean-Pierre CAHIER – Cela peut être aussi l'expropriation de la relation à son propre corps. Ce qui m'a dérangé dans votre exposé, c'est comment on pense la relation du vivant au vivant. Par exemple, je suis très naïf, mais la relation de l'agriculteur avec sa vache... Elle n'est plus là !

Xavier GUCHET – Elle n'est plus là... Il faut être agriculteur pour le dire. C'est un peu gênant, car on l'a entendu... mais je n'ai pas voulu aller jusque-là. C'est clairement ce qui se pose dans cette médecine personnalisée, cette médecine de précision, qui d'un côté individualise à l'extrême le diagnostic et la position thérapeutique, jusqu'au plan moléculaire, alors que d'autres disent que la véritable personnalisation est de mettre le patient au cœur du système de soin. Le débat peut-il être posé en ces termes en agriculture ?

Gérard RASS – Je vois un autre parallèle entre la médecine et la question agricole, celui de la question du coût, de l'économie, pour faire vite. Avec 100 000 \$, on peut avoir cent mille doses de vaccins pour des pays en développement et préserver 100 000 enfants ; ou bien avec une transplantation d'organe, pour le même coût, sauver un riche, subventionné ou aidé par de grandes entreprises. La question reste le coût de l'high-tech et de la médecine individualisée par rapport à la médecine de masse. Où sont les enjeux du monde, les enjeux collectifs ? Et après, qui décide ? Quand c'est mon gamin, je le privilégie. Quand c'est celui d'un autre... Alors qui décide ? Cela y ressemble en agriculture, car les fournisseurs, les entreprises fournissent des techniques. C'est de moins en moins public, de plus en plus privé, et la question est bien l'appropriation des techniques par les humains. On devient de plus en plus dépendant des techniques. Qui décide ? Pour quels enjeux ? On peut faire tous les scénarios qu'on veut, mais à un moment donné, il faut pouvoir garder le fil, et peut-être voir l'objectif et les conséquences des différents scénarios. Il faut peut-être raisonner sur les conséquences des décisions prises en fonction des représentations mentales des acteurs de la société et les agriculteurs n'en sont qu'une petite partie.

Xavier GUCHET – Pour le coup, il me semble que le débat se pose de manière différente entre médecine et agriculture. Si on se base sur ce qui a été présenté, en médecine, la question est posée et suscite des débats houleux, d'un côté une médecine collective pour un grand nombre et de l'autre une médecine ciblée (sur des maladies spécifiques) pour un petit nombre, associée au fait que les taux de survie obtenus, dans ces cas, sont faibles. Mais là,

on se trouve dans une situation très particulière : explosion des coûts pour des résultats décevants et problème réel d'allocation de ressources. En agriculture, on est dans une situation bien différente. La réduction des coûts par la baisse des intrants fait-elle consensus ou pas ? En médecine, tout le monde sait que l'inflation des coûts ne permettra pas des baisses du coût des traitements à terme. Et en agriculture ?

Débat après l'exposé de Patrick Du Jardin

Sacha LOEVE – On perçoit bien une résonance avec l'exposé de Xavier, ayant beaucoup de complémentarités et on retrouve des auteurs cardinaux communs. Récemment, on a eu un *workshop* sur la philosophie des techniques avec les Larrère. Il a été débattu du modèle de l'action technique comme « pilotage », difficile à traduire en anglais sauf par « *stewardship* » ou « *monitoring* », mais cela reste proche du modèle cartésien (ordre/exécution). On a cherché des métaphores de type jardinage, mais pas pour parler d'agriculture spécifiquement : penser la technique de manière plus globale en opposition avec l'approche de découpage cartésien. Il y a aussi le vieux paradigme de la technique comme fabrication. Le champ est bien un objet technique, mais ce n'est pas un objet qu'on fabrique : il est là de fait. Comment articuler ces deux conceptions de l'agir technique ? Sont-ils vraiment deux modèles alternatifs opposés ? Ou est-ce dans l'approche, en partie interchangeable, de l'ingénieur ? Les briques fonctionnelles ou les parties interchangeables ne sont-elles pas des objets ouverts, comme ces nano-objets, ces biobricolages, par lesquels on va encapsuler les relations à l'environnement, à la nature et peut-être aussi aux valeurs humaines ? On va les encapsuler dans la brique elle-même, comme une brique de Lego. C'est un objet dont les relations sont incluses dans la brique elle-même : serait-ce la description d'un objet fermé ? Un objet concrétisé dont les multiples possibilités relationnelles ont été enfermées, mises dans une boîte noire, et dont on dit que les standards sont optimaux : il n'y a plus qu'à assembler ! Il faut garder cette question en tête, notamment lorsqu'on parle de design et de culture agrotechnique.

Patrick DU JARDIN – Je dissocie l'approche ingénieur de l'approche technologique. La première est certes un peu caricaturale, mais il me semble qu'il faut redéfinir l'ingénieur qui doit être doté d'outils pour gérer la complexité, en particulier dans la relation à la société. Mais ceci n'est pas la conception classique du travail de l'ingénieur à qui on demande des systèmes optimisés vers des tâches bien définies au départ. L'ingénieur en agriculture doit concevoir des systèmes dissociés de cette vision simplifiée de l'ingénieur. Il s'agit d'aller vers une représentation, une vision, de la nature qui n'est plus fondée sur ce modèle de l'ingénieur, mais sur les sciences de la complexité.

Xavier GUCHET – Je voudrais revenir sur ce « *shift* » entre une vision d'ingénieur de la nature, décrite comme cartésienne, analytique, modulaire, simplificatrice, etc., et une vision plus « proche » de la nature, tirée des sciences de la complexité. On voit qu'il faut abandonner une certaine vision pour aller vers une autre. Mais qu'il ne s'agisse plus du tout d'une vision d'ingénieur technologique me dérange pour deux raisons :

1) Quand on écoute les praticiens ou les professionnels, les mots pour décrire ces nouvelles pratiques sont des mots d'ingénieurs (génie végétal, fonctionnement des sols...). Quelle est la conception sous-jacente de la technique dans ce cas, c'est-à-dire de ce qui ressort du quotidien du praticien ? Plutôt que d'ouvrir l'idée de passer à une vision non technicienne, ne doit-on pas reconnaître les propos techniques des praticiens ? 2) On risquerait peut-être d'aller vers une dégradation de la pensée de la technique au sens où elle serait rabattue, réduite aux simples moyens. On associerait une vision de la nature, incorporant la complexité, vidée de toute référence à l'ingénierie, et des pratiques comme moyens simples d'atteindre des objectifs concrets. La technique deviendrait instrumentalisée. N'est-ce pas l'opposé de ce qu'il faut atteindre ? Il faudrait montrer comment système cultural et mentalité technique sont à l'œuvre dans la pratique (cf. A. GÄSSLER) et se reconfigurent dans le rapport à la nature et au sol et au vivant, en général. La technique n'est pas seulement un rapport de mobilisation de la nature qui ne serait plus celui de l'ingénieur. Il faudrait

réinventer, ce qui peut-être ne s'appellerait plus « ingénierie », un rapport à la nature qui serait de l'ordre d'une « techno-logie », comme « bio-logie », soit une culture technique à reformuler qui ne mettrait pas la technique seulement au niveau des moyens, mais au niveau de la pensée, comme la science des processus mis en œuvre, etc.

Patrick DU JARDIN – Oui, mon propos n'est pas de vider la technique de toute pensée sur celle-ci pour en faire un simple instrument de pilotage mais, de manière simondonienne, proposer une façon de penser la mise en rapport des relations internes et externes à un objet et de voir finalement comment l'objet internalise aussi un certain nombre de facteurs de son environnement dans son fonctionnement et dans ses processus d'évolution.

Guillaume CARNINO – Je suis sceptique sur votre propos d'une éventuelle rupture. La pensée de l'être humain à l'époque des horloges est mécaniste. On pense le vivant comme un mécanisme. Au XIX^e siècle, on théorise l'être humain comme une machine à vapeur, puis le cerveau comme un téléphone, et maintenant avec le *humain brain program*, on théorise le cerveau comme un ordinateur (cf. certains historiens de la biologie comme Christophe BONNEUIL). On peut faire un certain nombre d'analogies, porteuses de mythes, sur les théories du vivant et l'état technique donné d'une société. Et j'ai l'impression que ce n'est pas une idée qui s'opposerait à ce que l'ingénieur a été et est encore aujourd'hui. C'est juste une mise à jour sur ce que les ingénieurs doivent devenir (cf. Xavier GUCHET sur les nanotechnologies) : penser la complexité et avoir des modèles systémiques suffisamment robustes. On constate que, par exemple, le « *Big Data* » réussit à faire ces choses-là. J'y vois tout sauf une opposition, simplement une mise à jour – pas de transformation si importante que ça, simplement une adaptation des techniques aux connaissances du moment – : penser cette évolution, certes, mais pas nécessairement en opposition. Par exemple, votre position sur l'inversion savoir/savoir-faire : il n'y a jamais eu une structure hiérarchisée du savoir au savoir-faire, car tous ces processus existaient déjà.

Alfred GÄSSLER – Une remarque, qui dépend de la définition de l'ingénieur. Je ne me prends

pas pour un ingénieur. J'essaie de voir comment la nature fait et j'essaie de refaire, comme vous avez bien dit tout à l'heure, ce qu'elle fait depuis des milliers d'années. L'ingénieur peut maîtriser ce fonctionnement, mais je n'ai certainement pas cette posture. Je ne pense pas la maîtriser.

Xavier GUCHET – Il y a des positionnements qui incluent la non-maîtrise.

Alfred GÄSSLER – Je connais la posture de l'ingénieur par mes trois enfants tous ingénieurs, et je sens bien la différence entre mon approche et la leur...

Débat après l'exposé de Fabien Knittel

Xavier GUCHET – Je voudrais revenir sur ce que tu as dit à propos de l'ignorance, de la non-considération, de l'absence de la science qui va avec, on laboure... Dans l'histoire des techniques, il y a énormément d'exemples où les formes des savoirs pratiques et l'expérience ont précédé la forme scientifique, que ces savoirs ont pu utiliser après. Historiquement, a-t-il existé une sorte de savoir pratique de cette chimie des sols ? Elle ne s'appelait évidemment pas chimie des sols mais, enfin, on ne pouvait pas faire n'importe quoi. Si cela n'allait pas, n'y avait-il pas d'expériences pratiques accumulées qui ont guidé les formes de pratiques culturelles ? N'y a-t-il jamais eu d'attention ? Ou le sol était-il considéré comme une matière inerte, passive, jusqu'à maintenant ? Ce sont mes premières questions.

Ma réflexion suivante concerne la charrue de Mathieu Dombasle. Transformer la pratique signifie aussi casser le type de travail, et c'est absolument fondamental, car il y a ici une forme de contrôle social, un contrôle des subordonnés : on peut dire qu'à deux, ils sont moins performants, ils discutent, etc. Là, on rationalise. C'est en quelque sorte une organisation scientifique du travail agricole avant l'heure. C'est un aspect très important de ta présentation.

Fabien KNITTEL – Oui, et même encore plus car, à l'intérieur de la ferme exemplaire de

Roville-devant-Bayon, il y a une fabrique de matériels agricoles et on a déjà les prémices de la chaîne de montage. Il impose à chacun un travail posté avec des gestes particuliers et précis. Et puis, Mathieu Dombasle, c'est du paternalisme : tous doivent manger à la table du chef d'exploitation ; tout est régenté, organisé, structuré.

Xavier GUCHET – Il y a donc aussi un modèle de la manufacture et un modèle du contrôle.

Fabien KNITTEL – Complètement. Après, pour la question du sol, je suis allé vite et, bien sûr, quand on va vite, on simplifie. On fait de l'analyse du sol avant l'émergence de la chimie agricole, au sens strict du terme. Plus la chimie du sol se raffine, plus l'analyse du sol sera raffinée. Mais Mathieu Dombasle avait finalement un rapport ambivalent avec la chimie car, à la base, il était chimiste et, après une déconvenue, il s'oriente vers ce qu'on appellerait aujourd'hui l'agronomie, pour faire simple. Après, il trouve que la chimie agricole n'est pas efficace et que, même si c'est intéressant, il faut éviter d'y recourir. Bien sûr, il sera démenti ultérieurement, soit après sa mort, par l'émergence de la chimie appliquée à l'agriculture à partir des années 1840-1850, avec Liebig entre autres. Mais il promeut néanmoins l'analyse des sols et il insiste justement. Il explique que s'il y a des échecs dans la conduite de certaines exploitations, c'est qu'on met en place des pratiques culturales sans tenir compte de la nature du sol. Il indique qu'au contraire, il faut s'intéresser au sol et regarder le type de sol qu'on est en train de labourer. Dans un premier temps, il a vendu la charrue Dombasle, comme la panacée universelle, sans tenir compte de la nature du sol. Il s'est ensuite rendu compte que sur un sol sablonneux cela ne marche pas, parce que le sol est beaucoup moins compact. L'avant-train est un stabilisateur intéressant et quand il n'y en a plus, la charrue bouge et cela fait un labour peu régulier. Il revient donc sur cette détermination. On passe dans les années 1820 à une charrue Dombasle et dans les années 1830-1840 à des charrues Dombasle, où il accepte de remettre l'avant-train sur des sols plus légers et enlève l'avant-train là où la terre colle vraiment. De plus, au milieu du XIX^e siècle, on utilise beaucoup le fer et d'autres métaux pour le soc et les parties travaillantes comme le coutre en

disant : « *C'est nouveau, c'est innovant.* » Mais, très rapidement, certains agronomes se rendent compte que ces parties en fer sont moins efficaces que certaines parties travaillantes en bois : avec un sol argileux, la terre « colle » moins sur le bois...

Dans les esprits, l'équation est la suivante : araire + bois = archaïque ; charrue + fer = innovation, modernité, progrès. C'est pourquoi on s'est mis à fabriquer des charrues tout en fer. Or, comme je viens de le dire, le fer n'est pas toujours plus efficace que le bois : ce sont donc des stéréotypes. Dans les exercices pratiques du quotidien, il y a des ajustements, des adaptations des différents types d'outils en fonction du type de sol. Il y a donc bien analyse du sol. Ce n'est pas quelque chose d'inerte. On analyse aussi la place des différentes parcelles en fonction de leur orientation et de leur situation à l'intérieur de l'exploitation.

Charles LENAY – Cela me ramène à une question qui rebondit un peu pour tout le monde. Même si c'est si dur de labourer – on a vu durant la journée les approches « écosystème naturel », etc. –, on laboure. Cela signifie certainement qu'il y a un autre obstacle technique et pas uniquement l'obstacle d'une connaissance. Il y a quand même une absence : c'est la technique pour semer. On voit bien la problématique du semoir (disque ou dent). Je me lance ! Pourquoi s'est-on obstiné à faire du labour si, on l'apprend aujourd'hui, on peut se débrouiller sans ? Cela signifie qu'il y a un lieu de rupture technique qu'il faut identifier. Ce n'est pas de la connaissance théorique, mais technique dans le sens : on peut ou pas planter des graines sans labour.

Fabien KNITTEL – Un des éléments de réponse est l'absence de désherbant. Si on fait du SDCV, parfois on a recours à du désherbant. Avant 1840, pour lutter contre les adventices, on n'a pas le choix, il faut retourner la terre.

Konrad SCHREIBER – C'est une vision très européenne des choses, car aux Amériques, c'est à la main et au bâton pousseur qu'on sème. On n'a jamais beaucoup travaillé la terre. Ce problème du travail du sol est très européen et issu du croissant fertile.

Fabien KNITTEL – Cela dépend du type de sol. À Roville, on retourne, car on est sur des sols

développés sur des marnes irisées du Keuper, donc des sols très collants... Ce retournement du sol permet aussi d'éliminer les adventices.

Gérard RASS – Concernant cette question qui remue tout le monde : pourquoi laboure-t-on ? On peut convoquer l'histoire, mais aussi la géographie. Aujourd'hui, en Amérique du Nord, le non-labour avec SDCV représente entre 50 % et 95 % des surfaces. Chez nous, c'est 2 %. L'Europe est au même niveau que la France. Cela interroge, car on est dans des sociétés techniquement et scientifiquement aussi évoluées. Il semble qu'il y ait un consensus sur la représentation mentale que l'on a, sur la liberté de l'agriculteur par rapport au reste de la société. Qui décide en matière d'agriculture ? En gros, il y a des technologies et des savoir-faire, etc. Il y a certes des problèmes techniques. Mais comment appréhende-t-on le métier d'agriculteur et la liberté qu'on a ? Est-on une entreprise ? Suit-on les normes qui viennent des écoles ? Cela s'analyse. Si la société européenne pense que c'est quelque chose d'utile, plutôt que de tout repenser à zéro, peut-être qu'il faut voir ailleurs, et que cela peut aider. Cela ne veut pas dire qu'il faut tout faire comme eux, mais cela peut quand même nous aider...

Fabien KNITTEL – Un élément de réponse historique. Si, en Amérique, on a une pratique très ancienne depuis les années 1930, c'est qu'il y a eu le phénomène de *Dust Bowl*. Ce phénomène d'érosion très massive a amené à poser la question de l'efficacité ou de la nuisance du labour⁸⁷.

Gérard RASS – Pas le semis sous couvert qui est plus récent chez eux.

Jean-Pierre CAHIER – Il y a peut-être un rapport anthropologique au pouvoir et à la terre. Chez nous, c'est très patriarcal. Dans d'autres ethnies, cela pourrait être différent... Le rapport à la terre mère étant différent, cela pourrait induire un système technique différent produit par la société.

⁸⁷ Sur le Dust Bowl, voir la thèse de MASUTTI Christophe, *Le Dust Bowl, la politique de conservation des ressources et les écologues aux États-Unis dans les années 1930*, Thèse d'histoire des sciences, Université de Strasbourg, 2004.

Fabien KNITTEL – Pour le XIX^e siècle, en Europe, cela ne fonctionne pas.

Jean-François SARREAU – Quand on interroge l'histoire, comme vous venez de le faire, et qu'on remonte un cran plus loin, on peut aussi se poser cette question : quels sont les éléments de rupture qui obligent à changer quelque chose ? Avant Dombasle, il y a eu quelque chose durant la Restauration qui est allé loin dans la vulgarisation agricole, tout au moins en France. Il faut peut-être regarder dans un autre sens : celui de la relation que nous avons aux énergies. La main-d'œuvre est un élément en termes de disponibilité, les animaux en sont un autre, et on est dans un contexte de succession de pénurie de main-d'œuvre dû en particulier aux guerres. On est dans un contexte comparable à celui d'aujourd'hui : devoir nourrir une population avec moins de bras. Et à cette époque-là, on met en œuvre quelque chose, et de mémoire, je crois que c'est vers La Restauration, on envoie dans chaque préfecture des émissaires pour repérer là où les innovations apparaissent, car le système de la science ne répond plus aux besoins. À partir de ce moment-là, on organise des comices. Or, le labour pose des problèmes pour mettre en place des semis précis. On ne va pas semer graine à graine à la main... Alors comment mécaniser ?

Charles LENAY – Là, on est bien devant une problématique de semoir : une innovation, venue des semis, nous permet la mécanisation... On va pouvoir éviter le semis à la volée et mécaniser, sinon ce n'est pas jouable du point de vue de la main-d'œuvre.

Jean-François SARREAU – Il faudrait réfléchir aussi selon les apports technologiques : soit on est sur des innovations radicales, soit sur des évolutions techniques progressives. Se débarrasser du couvert végétal permet de mécaniser l'opération du semis. On peut alors évacuer la concurrence des adventices. Le système du SDCV permet de mécaniser l'opération de semis, sans pour autant labourer.

Charles LENAY – Il n'y a pas que le semoir ?

Fabien KNITTEL – Avec la charrue classique, on laboure en billon. Le semoir ne peut pas passer... Avec la charrue Brabant double, on change de système. On fait un labour en

adossant. Cela permet un labour à plat et il devient possible de passer un semoir mécanique. C'est une évolution majeure tout au long du XIX^e siècle.

Débat final

Guillaume CARNINO – Une petite chose sur la discussion entre Xavier et Fabien. Il y a une réponse dans ce qu'écrit Jean-Baptiste Fressoz (*L'Apocalypse joyeuse, une histoire du risque industriel*). On passe d'un type de connaissance à un autre. On peut avoir des connaissances riches d'un point de vue écosystémique remplaçant des connaissances riches d'un point de vue taxinomique. On peut catégoriser les êtres vivants, mais n'avoir pas accès à des fonctionnements fins. Il peut y avoir différents types de registres.

Il me semble qu'il y a un gros point aveugle dans cette journée, pas dans l'organisation, mais dans ce qui m'a été donné de comprendre des interventions. Il s'agit de la question du numérique et du « *Big Data* ». Le numérique est convergent avec l'écologie (M. Griffon). J'ai lié mes intérêts pour l'histoire et pour l'informatique vers une histoire des *data centers* et même leur ethnographie. Avant même d'en visiter un, la personne que j'ai eue au téléphone m'a dit : « *Il faut savoir que nous sommes les plus gros pollueurs au monde.* » Lorsqu'on visite ce genre de lieu, on prend conscience du gigantisme de la chose. Ce n'est pas parce que c'est sur le *cloud* que les données n'impactent pas la biosphère d'un point de vue global. En France, il y a des programmes de construction, y compris auprès de communautés locales, de *data centers* qui sont rarement des gisements d'emploi : un *data center* valorisé à 4 milliards d'euros emploie vingt personnes. Pas de bassin d'emploi, mais des sommes importantes du point de vue économique. Un *data center*, c'est 300 000 machines, 300 000 serveurs. Un disque dur, vous connaissez, ça chauffe bien l'hiver, alors 300 000 ensemble ! Coût de la climatisation, contrat de type militaire avec garantie de fourniture d'électricité, générateurs diesel, on n'est pas dans l'anecdote en ce qui concerne l'environnemental et l'écologique. J'accepte les préoccupations environnementales en agriculture, mais croire que l'on va tout déporter du côté du numérique, cela me semble refaire l'arnaque du passage au

tertiaire des années 1970. Ce qui permet de dire qu'« *en France, il n'y a plus que du tertiaire, on ne pollue plus* », juste parce qu'il y a eu des délocalisations au niveau international. Cela ne résout pas la question de l'écologie au niveau planétaire. D'autant plus qu'on revendique une analyse systémique des phénomènes, il faut prendre en compte ces données « externes ».

Sacha LOEVE – C'est d'autant plus éclairant ce que dit Guillaume que, dans le vocabulaire des *data centers*, on a des métaphores agricoles : fermes de données, moissons de données... En agriculture, on attend beaucoup du traitement des données, mais finalement nous n'avons pas encore la culture qui nous permet de relier ces données à l'énergie.

Loïc SAUVÉE – Il y a un problème d'échelle. Le gigantisme des données peut amener à multiplier par 10, 100, 1000, la quantité de données à gérer. Cela peut devenir un problème énorme de gestion.

Elisa MARRACCINI – On a beaucoup discuté de l'ingénieur agronome durant cette journée. C'est une figure qui existe en France, mais aussi dans d'autres pays, notamment en Espagne. En Italie, les agronomes ne sont pas des ingénieurs. Ce sont des écologues, des biologistes. C'est de la biologie appliquée. On est agronome, mais on n'est pas ingénieur. La représentation est importante. Il existe aujourd'hui une société savante qui n'est ni la société des ingénieurs agricoles, ni la société européenne ou américaine d'agronomie. Il y a peut-être, derrière, des choses qu'il faudrait creuser pour comprendre ce rapport à l'ingénieur, car un agronome est assez différent d'un ingénieur, qu'il soit ingénieur ou pas. Ce monde multiforme vaudrait la peine d'être exploré. Aussi, par rapport aux postures différentes par rapport à l'agro-écosystème, se développe récemment un paradigme qui va dans une direction différente par rapport au passé : on parle de lutter contre et faire avec, dans un langage très simple et que tout le monde peut comprendre. C'est peut-être là que se joue le rapport de l'homme et de l'ingénieur à l'agro-écosystème.

Loïc SAUVÉE – Comment l'agriculteur évolue-t-il dans ce système agrotechnique ? J'aurais

aimé entendre nos amis agriculteurs dans leur perception de leur dépendance ou non vis-à-vis de la technique, leur rôle par rapport à ces mutations agrotechniques et la façon dont ils les perçoivent... Sont-ils plus ou moins autonomes par rapport à ces évolutions ?

Alfred GÄSSLER – On essaie de comprendre ce qui concerne le sol. Pour ma part, je suis loin d'être ingénieur. Est-ce que je suis autonome ? Je suis plus autonome que certains agriculteurs classiques, oui. Sur ce grand mot d'agronomie, je constate qu'on y arrive, tout simplement. Mais on a besoin d'entourage pour échanger.

Michel LUCAS – On découvre de nombreuses possibilités. Suis-je plus dépendant ? Je constate qu'on a une ouverture de possibilités qu'on n'avait pas auparavant. Je vois cela aujourd'hui comme une chance.

Alfred GÄSSLER – Si on pouvait avoir des informations sur le « *Big Data* », cela nous serait très utile. Mais dépendre d'entreprises qui auraient des informations sur nous qui nous échappent, cela me fait peur.

Erick LEBRUN – Là, je ne suis pas d'accord, car les outils que nous développons pour d'autres sont des outils d'aide à la décision. C'est seulement une aide. On apporte des informations. C'est à l'agriculteur de les interpréter.

Alfred GÄSSLER – Je pense que le métier d'agriculteur est de cultiver la terre et de diagnostiquer la situation. Aujourd'hui, la plupart des agriculteurs sont incapables de faire des diagnostics, car ils ne connaissent plus les maladies, les mauvaises herbes, ressentir un sol, prendre une bêche dans la main, sentir la structure du sol. Ce n'est certainement pas avec l'informatique qu'il va pouvoir ressentir avec quoi il travaille. Et c'est cela le plus important aujourd'hui. Il y a un risque énorme derrière l'idée que, par des informations construites, il pourra prendre des décisions.

Xavier GUCHET – En effet, vous avez raison pour l'aide à la décision, mais c'est l'argument qu'on nous sert tout le temps. Dans le domaine médical, on peut mettre en avant les

arguments d'information génétique, les kits de détection et d'analyse moléculaire, et d'aide à la décision pour le généraliste qui, bien sûr, reste au centre. Mais ce n'est pas vrai. On sait très bien que l'arrivée de cette nouvelle technologie n'est pas qu'un ensemble de moyens supplémentaires dans le dispositif inchangé quant à ses valeurs fondamentales, mais un système qui est en train de changer en profondeur la relation du médecin à son patient. L'aide à la décision est plus que normative. Elle est performative d'une nouvelle manière de diagnostiquer.

Erick LEBRUN – Ce n'est pas l'arrivée de cette technologie qui va empêcher l'agriculteur de prendre une bêche et d'observer son sol.

Xavier GUCHET – La technique n'est pas un moyen neutre dans le rapport de l'homme à la nature qui resterait inchangée.

Michel DUBOIS – OK. Mais est-il possible d'envisager que les agriculteurs puissent contrôler les données qui leur seraient utiles pour comparer et faire du *benchmarking* ? Car il faut bien mettre en place une normalisation pour réaliser des comparaisons.

Xavier GUCHET – Les agriculteurs ne sont pas uniquement des utilisateurs de données, mais des producteurs de données.

Michel DUBOIS – Il y a dans la salle au moins 6-7 agriculteurs. Nous avons le point de vue d'Alfred. Partagez-vous son point de vue ?

Alfred GÄSSLER – Je ne suis pas du tout contre la technologie. Je suis contre la posture des agriculteurs qui attendent des conseils et ne regardent plus leurs parcelles. Ils ne regardent plus, car ils attendent des conseils. Ils vont compter dessus parce que plus personne ne veut porter de responsabilité, car cela devient dangereux quelque part. C'est peut-être un problème plus vaste de société.

Erick LEBRUN – C'est vrai. Les jeunes générations attendent des outils numériques des réponses immédiates, sans creuser par eux-mêmes.

Alfred GÄSSLER – Combien de jeunes ingénieurs sont capables d'évaluer un sol ?

Konrad SCHREIBER – Il faut voir l'aspect économique. À part les entreprises quasi industrielles, personne en agriculture ne pourra s'offrir ces outils. On n'a pas de rentabilité immédiate. Cela demande une autre organisation. Les agriculteurs sont intéressés par la reprise d'autonomie dans les mesures sans passer par des systèmes complexes. La question est : comment puis-je maîtriser mon information ? Cela a été très bien montré par Michel Lucas. Il a un système ultra-performant, mais il est maîtrisé de l'intérieur, ce qui lui permet d'en tirer profit. Le problème n'est pas tant la technologie que l'externalisation, car si je suis connecté, je vais finir par être inondé de publicité, ou je ne sais pas quoi... N'importe qui doit être maître de ses données. Il faut que l'agriculteur se (ré)approprie les données, les siennes...

Jean-François SARREAU – Cela nous ouvre-t-il des perspectives ? Ou cela nous enferme-t-il dans quelque chose de contraint ? Et à qui profite *in fine* la chose ? J'ai bien compris qu'on peut gagner en constance et en précision sur une parcelle.

Fabien KNITTEL – En faisant le tour de ses parcelles, l'agriculteur ne serait-il pas arrivé au même résultat ? Existe-t-il d'autres solutions ? Cette diversité est-elle momentanée ? Ou a-t-on les moyens de l'éliminer ? Pour le moment, on réagit.

Savine OUSTRAIN – A-t-on besoin d'opposer observation et technologie ? Ne faut-il pas en même temps former les agriculteurs et développer la technologie ? On oppose trop technologie et observation, labour et non-labour. On est trop dans des oppositions entre des systèmes. Je retiens ce que disait Patrick Du Jardin : « *L'agriculture durable est ouverte, dynamique, à fonctionnements variés, avec plusieurs solutions temporaires, locales.* » La solution technologique arrive en attendant que les agriculteurs se réapproprient leur métier d'agronome, d'observateur, de producteur : pourquoi opposer ?

Gérard RASS – Il y a quand même de grandes différences. On parle d'un système de culture bien particulier chez Michel Lucas. On parle bien d'agriculture de conservation des sols, de

système pour améliorer l'écosystème afin de faire que, après, la production soit en meilleur état qu'avant. Ce bénéfice très global dépend de la conception que la société et les agriculteurs ont de ce qu'est un sol et comment il doit fonctionner. Ces principes sont connus même s'ils ne sont pas appliqués à l'école. Chez nous, cela n'a pas grand-chose à faire avec les technologies, à part le fait d'avoir le semoir qui va bien mais il y en a, d'avoir des intrants et des semences adaptés. Elles existent. Ça peut aller. À partir du moment où l'on a compris le système, il y a une rupture conceptuelle. Une fois que c'est compris, c'est dans la tête que cela se passe. Une fois que c'est fait, ce n'est plus un vrai problème. La question, ce sont les autres technologies qui servent à boucher le trou. Certains font croire qu'avec de super semences, on va avoir de super résultats. Il s'avère que, quand on a des sols dégradés et soumis à l'érosion, ces semences ne répondront pas aux attentes.

Guillaume CARNINO – Se positionner, ce n'est pas s'opposer. Sur ces questions d'échelle, de choix, d'ouverture, la question est de savoir si l'ouverture est en soi positive. Le changement n'est pas nécessairement positif. Mais la question des systèmes techniques et des technologies est absolument cruciale. J'abonde dans le sens de Xavier : avoir des systèmes techniques grands et complexes accroît le phénomène de dépendance du sentier, le *lock-in* ; avoir la capacité d'inertie, parfois, tout à fait indépendante de valeurs en tant que telles, mais qui imposent une conservation des façons de faire, conduit à se trouver embringué malgré soi. Exemples canoniques : le pétrole, la voiture. On a des systèmes imbriqués tellement massifs – la voiture tirant le système et l'économie dans divers sens, etc.–, que c'est très compliqué d'aller dans d'autres sens. Par rapport aux données, j'entends une contradiction entre ce que dit Xavier et ce que dit Michel. Peut-être que je me trompe. Historiquement, il y a eu diverses façons de répondre au scepticisme par rapport aux technologies. L'une des premières, classique, est la pédagogie. On va former les gens qui deviendront compétents et tout ira bien. Il y en a une autre : c'est de dire que la technique n'est pas un problème. La question, c'est la réappropriation, autrement dit, à qui cela va appartenir. En gros, c'est la réponse marxiste. Le problème n'est pas la machine, mais qui est propriétaire de la machine.

Il me semble, mais c'est sujet à discussion, qu'une part de l'historiographie contemporaine tend à montrer qu'il se passe peut-être autre chose que la seule question de la propriété. La présence des machines en tant que telles peut produire des régularités nouvelles, comme certaines nouvelles formes de pouvoir dans les sociétés et, dans ce sens-là, j'abonderais dans ce que dit M. Gässler, à savoir que les technologies performant un certain nombre de choses au-delà de la façon dont on les répartit.

Xavier GUCHET – En effet, on ne peut pas opposer technique versus non-technique. En revanche, quand il s'agit d'autonomie et d'hétéronomie, d'appropriation et d'expropriation, il faut quand même prendre des positions claires.

Savine OUSTRAIN – D'accord, mais il faut que l'agriculteur soit prêt à acquérir cette autonomie.

Charles LENAY – Ce n'est pas autonomie versus technique. (Xavier, bien sûr que non !) La journée a présenté des choses complexes, des choses ouvertes, des choses où on a le sentiment que quelque chose qui nous dépasse se passe. Ce qui est en train de changer, ce n'est pas que la question : labour ou pas labour ? Il semble que beaucoup de choses sont en train de se reconfigurer et c'est vrai que cela donne l'impression d'être à une époque où il y a des possibles. Par rapport à ces sentiers, on peut dire que les sillons n'ont pas encore été complètement tracés. Et il y a donc moyen – je crois beaucoup aux possibilités positives portées par le numérique qui permettent de différencier et de répondre aux problématiques écologiques. Mais c'est sûr que ce n'est pas gagné. Le phénomène d'appropriation, d'avenir industriel de la ferme qui aliène l'agriculteur devenant juste celui qui fait ce qu'on lui dit de faire reste un possible qui se dessine. Mais avant de se décider – trop vite –, essayons de voir comment les affaires se dessinent, se reconfigurent, comment les rôles s'échangent, etc.

Michel DUBOIS. – (À Michel Lucas.) J'ai appris que tu avais fait appel à la cartographie de ton exploitation par des drones. Comment vis-tu ce qui vient d'être échangé ?

Michel LUCAS – Chaque étape a été une reprise de main, une reprise du pouvoir sur l'exploitation. À chaque fois, on va piocher dans les outils proposés (informatique, robotique). On va se l'approprier pour avoir un pouvoir de décision. Je comprends aussi la démarche d'Alfred qui est confronté à ces tours de plaine à travers la France. Quelques fois, il est désolé par le manque d'intérêt de certains agriculteurs et la notion de facilité. Cela sera pour certains une façon de se décharger grâce à ce genre d'outils. On nous a aidés à une plus grande autonomie dans la décision. Par exemple la robotisation : elle nous permet d'avoir une connaissance plus approfondie de notre cheptel. Nous l'avons pris dans ce sens-là.

Table

Introduction	3
Une évolution complexe des agrotechniques contemporaines.....	4
Dépasser les discours technophiles ou technophobes	4
Hypothèse de la concrétisation des productions agricoles.....	5
Deux thèmes dominants	6
Les auteurs et les participants du séminaire.....	6
Références.....	9
- I - La nature comme modèle : un chemin vers l’appréhension de la complexité agricole	10
Résumé.....	10
La longue histoire des techniques agricoles.....	11
Quelles leçons pour aujourd’hui ?.....	16
La crise d’aujourd’hui est fondamentalement différente.....	17
Sortir de la crise actuelle conduit à l’appréhension de la complexité	18
Il s’agit donc aussi d’une révolution cognitive	20
Conclusion	24
- II - Le Semis Direct sous Couvert Végétal. Une approche agricole systémique	25
Résumé.....	25
Expérience du semis direct.....	26
Les avantages économiques du semis direct	30
Les effets sur l’environnement.....	31
Freins et limites au développement du SDCV	33
Quelques choix techniques spécifiques au SDCV.....	34
- III - Le déploiement des nouvelles techniques sur l’exploitation agricole	37
Résumé.....	37
Brève description de l’exploitation agricole.....	38

Historique	38
L'exploitation comme un système intégré	40
La recherche et le développement au cœur du processus évolutif	43
L'exploitation en chiffres	45
Notre démarche et nos difficultés	47
La réglementation est peu adaptée à l'innovation	51
Conclusion	52
- IV - L'agriculture de précision et l'apport de l'utilisation de drones	55
Résumé	55
Les enjeux de l'agriculture de précision et des NTIC	56
AIRINOV et le développement des drones	59
Expertise terrain et logistique	62
Prospective de cet outil	66
- V - La méthanisation et son application à l'agriculture	68
Résumé :	68
Définition de la méthanisation	69
Quelques caractéristiques techniques d'un méthaniseur	73
Les gisements de matières premières	73
La typologie des procédés de méthanisation	75
Valorisations et applications	77
Équivalences énergétiques	79
Le digestat et ses usages	79
Situation du biogaz en Europe et en France	80
Les enjeux de la méthanisation en France	81
Intérêts et difficultés de la méthanisation pour l'agriculteur	82
Conclusion	84
- VI - L'agroforesterie, clé de voûte de l'agro-écologie ?	86

Résumé	86
Qu'est-ce l'agroforesterie ?	86
Pourquoi l'arbre est-il associé aux cultures ?	87
L'agroforesterie, une forme d'agriculture complexifiée	90
Variété des systèmes agroforestiers	96
La nécessité des réseaux d'agriculteurs	97
Le programme Agr'eau	100
Conclusion	102
- VII - La nouvelle agriculture : une transformation de la conception de la nature ?	104
Résumé	104
Agriculture et médecine : points de convergence	105
Que sait l'agriculteur ? Analyse d'une tension	107
L'agriculture face à la nature et à la technique	108
L'apport de Gilbert Simondon à la réflexion sur l'agriculture post-révolution verte	112
Agriculture et industrie	115
Conclusion	117
- VIII - Éléments pour une nouvelle ingénierie de l'agriculture.....	119
Résumé	119
Introduction, contenus techniques des agricultures et des scénarios d'avenir.....	120
La technique médiatrice du rapport à la nature	121
Nature, technique et ingénierie	122
Réhabiliter la complexité de l'agrosystème, développer une ingénierie pour la piloter.....	124
Réconcilier ingénierie de l'agriculture et écologie	126
Des objets techniques problématiques.....	127
Fonder une nouvelle ingénierie : de « ordre-exécution » à « question-réponse »	129
Conclusion : l'agriculture durable sera tout sauf durable.....	130
- IX - Réflexions d'historien sur les techniques agricoles passées et actuelles.....	131

Résumé	131
Propos introductifs	131
Le quotidien des techniques : l'exemple du travail du sol	133
Innovations agronomiques et déqualification paysanne	136
L'émergence d'une agronomie de la mesure au milieu du XIX ^e siècle	137
Champs et parcelles	138
Pratiques innovantes et psychologie	139
Synthèse et développements - Sens des évolutions agrotechniques contemporaines à la lumière des interactions systémiques : vers l'invention d'une nouvelle culture technique agricole ?	142
I. Une lecture systémique de la crise paradigmatique de l'agriculture	147
II. Le changement dans les faits	148
III. Une nouvelle culture technique agricole	151
IV. L'autonomie de l'agriculteur	155
V. L'importance d'identifier la nature des blocages de l'ordre des représentations systémiques : freins économiques, limitations psychologiques, déficits d'identité sociale	158
VI. La technique agricole, médiatrice de la relation homme/nature	162
VII. Individuation de l'exploitation agricole et son milieu associé	164
VIII. Détour par un raisonnement analogique : l'évolution de la domestication dans l'individuation de l'exploitation agricole	167
IX. Vers un humanisme technique agricole ?	171
Bibliographie.....	174
Annexe	178
Les débats	178
Débat après l'exposé de Xavier Guchet	178
Débat après l'exposé de Patrick Du Jardin	181
Débat après l'exposé de Fabien Knittel.....	184
Débat final	189