



Évolution Agrotechnique Contemporaine II. Transformations de l'agro-machinisme : fonction, puissance, information, invention

Michel J.F. Dubois, Delphine Caroux, Loïc Sauvée

► To cite this version:

Michel J.F. Dubois, Delphine Caroux, Loïc Sauvée. Évolution Agrotechnique Contemporaine II. Transformations de l'agro-machinisme : fonction, puissance, information, invention. Delphine Caroux; Michel J.F. Dubois; Loïc Sauvée. Université de technologie de Belfort-Montbéliard, 2018, Ingénieur au XXI^e siècle, 979-10-91901-30-7. hal-04254608

HAL Id: hal-04254608

<https://hal.science/hal-04254608>

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 II

Transformations de l'agro-machinisme : fonction, puissance, information, invention

Sous la direction de Delphine CAROUX, Michel J.-F. DUBOIS et Loïc SAUVÉE

« L'homme ne peut agir efficacement sans avoir les habiletés nécessaires. Or, il ne peut les acquérir qu'au sein de groupes restreints, assez petits pour que les membres se connaissent tous, assez nombreux pour que puisse s'y élaborer et s'y transmettre une culture opératoire [...]. Il n'y a pas de techniques sans cette efficacité, et les habiletés humaines qu'elle implique.

C'est donc là où ces habiletés sont produites qu'il faut les observer. »

François SIGAUT, 1990

Introduction

Delphine CAROUX, Michel J.-F. DUBOIS, Loïc SAUVEE

Cet ouvrage collectif est issu d'un séminaire de recherche qui s'est tenu le vendredi 29 juin 2017 à UniLaSalle, site de Beauvais. Il a été organisé par l'unité de recherche INTERACT, membre fondateur, en 2013, du Groupement d'Intérêt Scientifique UTSH¹ (Unité des Technologies et des Sciences de l'Homme) avec les unités de recherche COSTECH (Université de Technologie de Compiègne), Tech-CICO et CREIDD (Université de Technologie de Troyes) et IRTES-RECITS (Université de Technologie de Belfort-Montbéliard).

L'objectif de ce GIS est 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 condition d'accès aux terrains que comme mode de médiation mobilisé par ces recherches. Le GIS UTSH ambitionne de construire le phénomène technologique comme objet de recherche premier, ce qui pose le défi d'une originalité théorique et méthodologique dans le champ des sciences de l'homme.

Les travaux du GIS UTSH cherchent à montrer la complexité des interactions entre usages, activités sociales et développements techniques. En posant les questions du fait technique et de l'innovation au cœur de sa recherche, le GIS UTSH se met en position de questionner les disciplines des sciences de l'homme ainsi que de favoriser la mise en place d'un dialogue

¹ www.utsh.fr

étendu aux sciences de l'ingénieur (sciences de la matière, sciences du vivant et de l'environnement...).

Le séminaire du 29 juin 2017 avait pour thème « *Les transformations de l'agro-machinisme : fonction, puissance, information, invention* », et fait suite au premier séminaire organisé en juin 2015. Ce dernier était centré sur les transformations de la culture technique agricole et il avait donné lieu à la publication d'un ouvrage paru en 2016². Nous redonnons au terme « agrotechnique » la définition suggérée dans le premier ouvrage, à savoir, celui d'un « *sens générique, 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 donc une vision systémique : les techniques vues comme systèmes imbriqués à plusieurs niveaux d'échelle, mais fortement corrélés entre eux, entrant en "résonance" et, bien sûr, intégrant l'homme (l'agriculteur) dans ses interactions avec ses milieux techniques et vivants associés* » (Dubois, & Sauvée, 2016 : p. 11). Nous mettons donc en évidence, dans les travaux du GIS UTSH consacrés à l'agrotechnique, le fait qu'une approche de l'évolution technique en agriculture se doit d'intégrer les interactions entre l'homme, la technique et le vivant dans une optique originale centrée sur le fait technique. Mais cette approche doit également mettre en question(s) la notion même d'évolution technique. Qu'entend-on par « évolution technique » ? – notion parfois confondue avec « progrès technique » ; terme déclenchant inévitablement des controverses sur le contenu donné, le « sens » ou la nécessité même du mot « progrès ». Cette notion d'évolution technique – en cohérence avec le positionnement scientifique du GIS UTSH – est en effet centrale dans la conception de ces deux séminaires

² *Évolution agrotechnique contemporaine. Les transformations de la culture technique agricole*. Sous la direction de Michel J. F. DUBOIS et Loïc SAUVÉE, Presses de l'UTBM, 2016.

et il convient d'en préciser l'acception, que nous plaçons dans la filiation des travaux de Xavier Guchet³.

Selon Guchet, le fait technique doit être apprécié du point de vue de la connaissance technologique, en le détachant, autant que faire se peut, « *du thème anthropologique, c'est-à-dire du point de vue de l'homme qui s'outille pour intervenir dans la nature* » (Guchet, 2008). Il souligne que, dans cette perspective, « *l'objet de la connaissance technologique, ce n'est pas tel objet isolé et donné dans l'expérience immédiate [...] : c'est la répartition des fonctions entre différentes structures de l'objet, c'est-à-dire sa systématique fonctionnelle, et le processus qui a produit cette systématique par transformation du mode de coordination des différentes opérations techniques* ». Guchet souligne que ce processus, dit de « concrétisation », consiste à « *établir une coordination opératoire entre les éléments de la machine et les éléments du milieu extérieur* » (Guchet, 2008 : p. 10). Dans cette optique, l'évolution technique ne renvoie pas à un processus sociohistorique : pour Guchet, l'objet de la technologie, c'est donc « *un processus d'évolution qui n'est pas un processus historique, mais un processus régi par des lois de transformation de nature opératoire, fonctionnelle* » (Guchet, 2008). Sur ce même thème, Irlande Saurin (2015 ; 2017) parle d'une « *historicité propre au développement des techniques* » (Saurin, 2017 : p. 157). L'idée sous-jacente de cette conception de l'évolution technique est de ne voir dans un « phylum » technique donné qu'une voie possible de concrétisation, d'en percevoir et d'en caractériser la cohérence intrinsèque, parmi d'autres voies dont on peut penser qu'elles sont tout aussi cohérentes. Nous verrons dans cet ouvrage, ainsi que dans la partie conclusive, qu'apprécier l'invention technique, et l'innovation agricole en général, à l'aune de cette approche permet de s'affranchir de visions trop globalisantes sur telle ou telle technique évaluée en tant

³ Xavier GUCHET (2005) ; (2008).

qu'« *objet isolé et donné dans l'expérience immédiate* », pour reprendre les termes de Guchet.

Ce processus de « concrétisation », appliqué à l'agriculture, suppose que s'établissent, de manière renouvelée, des interactions complexes au sein du triptyque homme-technique-vivant, mettant en relation des phénomènes biologiques, physico-chimiques, mais aussi mécaniques – notamment le travail du sol –, informatifs et multiples. Comme nous le développerons en conclusion, les formes et les configurations à différents niveaux d'échelle – de la parcelle aux espaces virtuels, en passant par l'exploitation agricole – que prennent ces interactions dans le cadre de la thématique de l'agro-machinisme, placent les questions d'information, entre objets connectés et puissance des machines dans un contexte de recherche d'autonomie énergétique, d'inventivité des agriculteurs et des entreprises de l'agro-équipement, au cœur des réflexions. Cette approche de processus opératoires se doit d'intégrer les (multi)fonctionnalités permises par le monde vivant, végétal et animal, dont les moyens technologiques innovants tendent à en augmenter et à en intensifier les effets. Mais les techniques mobilisées, telles l'adaptation d'outils mécaniques manuels ou la connexion au *cloud* d'un robot autonome, peuvent porter en elles-mêmes ces capacités d'intensification. Michel Griffon montre bien comment la compréhension d'un agro-écosystème est inséparable d'une description de ses fonctionnalités multiples, des plus spécifiques au plus génériques, dans une logique multiscalaire (Griffon, 2017), dans un contexte borné par les limites physiques de la biosphère et contraint par les besoins alimentaires et énergétiques d'une population en croissance. Il souligne que la révolution numérique permet « *une amplification et une intensification du travail humain dans l'agro-écosystème [ce qui] établit l'écologie fonctionnelle et le numérique au centre de mécanismes nouveaux d'intensification* » (Griffon, 2017 : pp. 193-194). L'évolution agro-machinique sera

probablement au cœur de ces transformations, mais elle devra relever de nombreux défis, notamment sur le plan des niveaux d'échelle de ces transformations, sur leur intégration (éco)systémique dans l'exploitation agricole ou dans des collectifs plus amples, dans un contexte de transition énergétique et de tension sur les ressources naturelles et minières.

Cette conception de l'évolution technique a, pour notre propos consacré à l'agrotechnique, un double mérite :

◆ D'une part, elle oblige à considérer le fait technique agricole du point de vue de sa logique propre, intrinsèque, indépendamment d'analyses sociohistoriques pertinentes en soi, mais qui laisse de côté les ressorts véritables d'une concrétisation de processus opératoires. Nous avons en effet vu, dans le séminaire « Évolution Agrotechnique Contemporaine » de 2015, à quel point le discours la technique tendait à limiter, voire à bloquer, les inventions techniques proposées par les agriculteurs qui ont appelé à plusieurs reprises à « décompacter les cerveaux »⁴, ou à penser autrement. À l'inverse, les injonctions sociétales qui se multiplient à l'adresse de l'agriculture tendent à minimiser, voire à ignorer, les contraintes propres, qu'elles soient agronomiques, écologiques, réglementaires ou énergétiques qui pèsent sur les praticiens. Ainsi, c'est à une perspective avant tout technique, c'est-à-dire sur le fait technique en tant que tel, que cet ouvrage est consacré.

◆ D'autre part, cette conception de l'évolution technique autorise un décentrement par rapport aux visions sociohistoriques et permet de mieux saisir la technique *en train de se faire*, et sa logique constitutive. Un de ses corollaires majeurs est l'attention portée aux praticiens, aux acteurs du terrain, aux agriculteurs, aux firmes et aux PME, en tant qu'acteurs directs de ces inventions techniques opératoires. Cette perspective portée sur l'inventivité

⁴ Voir Michel LUCAS, In DUBOIS, & SAUVEE (2016), p. 41 : terme également donné par Michel Galmel dans le présent ouvrage.

technique à l'œuvre, le plus souvent au niveau local, est souvent sous-estimée, voire oubliée. En prenant le point de vue du temps long, François Sigaut soulignait par ailleurs cette faiblesse récurrente des recherches sur l'évolution des techniques agricoles. Selon lui, *« il suffit de visiter quelques musées d'agriculture pour prendre conscience de l'extraordinaire diversité des outillages d'une région à l'autre, diversité qui ne peut s'expliquer que par un long passé d'innovations locales dans chacune d'elles. Le problème est que, sauf hasard heureux, ce passé nous reste à peu près inconnu »*. Il s'agit *« d'une quantité de petites innovations qui marchent, mais qui ne forment pas un ensemble lisible [fait] d'une multitude d'innovations de détail et d'intérêt local »* (Sigaut, 2009). Une des ambitions de cet ouvrage est de rendre visible et dans une certaine mesure de problématiser le sens de ces évolutions agrotechniques venant du terrain, au travers d'une approche au plus près du concret (Barbe & Bert, 2011).

Le séminaire : principes, organisation, participants

Fidèle à la formule du séminaire de 2015, ce deuxième séminaire a rassemblé des agriculteurs, des ingénieurs, des chercheurs en sciences de la vie et de la terre, en sciences humaines et sociales, des philosophes et des historiens des techniques. Une place importante a été réservée aux récits professionnels, à la fois grâce à des exposés, mais aussi par l'intermédiaire de films vidéo réalisés sur le terrain. Ce recours aux films vidéo permet d'enrichir, par des sources originales, l'observation des acteurs *in situ* et de la technique en cours de constitution en documentant visuellement les pratiques et leur contexte réel. Comme le mentionne Gilles Laferté (2017), le film et la caméra permettent, par rapport à l'écrit, *« de mieux informer les descriptions des objets, des lieux et des scènes observées, de*

montrer les corps et d'éviter des descriptions fastidieuses voire impossibles, de repasser à l'envi les scènes filmées pour les analyser et en apprécier la dimension émotionnelle » (Laferté, 2017). Permise par l'essor du numérique et l'accès plus facile aux moyens techniques, son utilisation est significative dans les domaines agricoles et ruraux depuis quelques années (Lynch, 2017). Mais l'outil a peiné à s'imposer, comme si l'image ne pouvait faire partie des critères de scientificité des sciences sociales (Laferté, 2017).

Le format du séminaire est conçu de manière à permettre l'échange de perspectives, le débat, la réflexion, y compris avec les personnes invitées à écouter et à participer activement. Le nombre de personnes au total (conférenciers et participants) est inférieur à quarante. Agriculteurs, professionnels en entreprise, enseignants-chercheurs sont représentés de manière équilibrée, tant parmi les conférenciers que parmi les participants.

Les textes présentés ci-après sont le fruit d'un travail de retranscription intégrale des présentations enregistrées⁵ en continu, des films vidéo réalisés sur le terrain ainsi que des débats tenus à l'issue de chaque présentation et en fin de séminaire. Ces retranscriptions ont été 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 et repris dans l'ouvrage respecte également la succession chronologique des exposés de la journée. Les débats suscités par les exposés et par les films vidéo ont également été entièrement retranscrits en toute fin d'ouvrage.

⁵ Nous tenons à remercier Maxime Agnès (Direction du Développement Durable, UniLaSalle), qui a réalisé les films vidéo des trois récits professionnels et leur montage ainsi que le film vidéo de la journée de séminaire. Le travail de terrain et les retranscriptions ont été réalisés par Marie-Asma Ben Othmen, Delphine Caroux, Michel J. F. Dubois, Fatma Fourati-Jamoussi et Loïc Sauvée. Nos remerciements vont également à Davide Rizzo et Andrii Yatskul, Chaire Machinisme et Nouvelles Technologies, UniLaSalle, pour leur aide dans la préparation de ce séminaire.

⁶ Hormis la conclusion, rédigée *a posteriori*, qui se base sur les présentations et les débats et qui s'appuie sur un cadre de réflexion plus large.

Présentation des chapitres

L'intervention de **Romain Piovan**, « *Les grandes questions sur l'évolution actuelle de l'agro-machinisme* », dresse les principaux enjeux qui se posent dans le domaine de l'évolution des agro-équipements. Il met en évidence trois grands domaines d'innovation qui sont à la base de cette dynamique : les évolutions incrémentales conformes aux fonctions agro-écologiques qu'il convient d'intensifier ; la croissance de l'utilisation des technologies de précision couplée aux capteurs générant de nouvelles données ; le développement d'équipements spécifiques et spécialisés associés à de nouvelles fonctions agro-écologiques. Il souligne que ces tendances se concrétisent déjà sous nos yeux, au travers d'une offre foisonnante qui peine parfois à trouver sa « demande ». Les barrières qui freinent ces innovations sont connues : il s'agit notamment de la taille des firmes de l'agro-équipement. Soit il s'agit de PME, flexibles mais aux moyens faibles, soit de grands groupes, capables d'investir mais recherchant des solutions génériques valables partout. À cela, il faut ajouter des liens faibles entre recherche agronomique et agro-équipementiers. Pourtant, les intérêts entre agro-écologie et agro-équipement sont, selon lui, fondamentalement convergents : l'apprentissage progressif de ces deux mondes permettra d'en « estimer les bénéfices collectifs et globaux ».

Philippe Colin, dans son récit professionnel « *Choix techniques et inventions* », relate son parcours professionnel de plus de trente-cinq ans. Il montre comment, depuis la constitution d'un GAEC avec son père en 1980, son souci a été de faire différemment et autrement. Au fil du temps, son leitmotiv prend corps au travers de plusieurs initiatives : tout d'abord, dans les années 1970 en tant que précurseur de l'utilisation du *round baller* ; puis en s'essayant aux techniques culturales simplifiées ; en développant l'activité de l'ETA (Entreprise de

travaux agricoles) autour de l'ensilage en gros volumes. C'est sans doute son idée d'implanter du miscanthus en 2007, sur la quasi-totalité de son exploitation, qui va générer les inventions : équipements pour le stockage, matériels pour la récolte, jusqu'à l'invention d'une machine à dépoussiérer. Philippe Colin explique que son goût pour les machines et son envie d'inventer l'auront progressivement mené en dehors de la profession d'agriculteur telle qu'elle se pratique traditionnellement, s'imaginant lui-même quelque part entre l'agriculteur et l'entrepreneur-innovateur.

Perrine Hervé-Gruyer propose également son récit professionnel « *La ferme biologique du Bec Hellouin. Une ferme expérimentale en agro-écologie, selon les principes de permaculture* ». Installée avec son mari Charles sur la ferme depuis 2006, elle souhaite alors recréer un « paysage comestible », comme il en existait en Normandie autrefois, avec la conviction de la nécessité d'intégrer la problématique de la transition énergétique. Cette conviction agro-écologique allait de pair avec un souci esthétique et gustatif, soutenu par la volonté de le concrétiser dans le cadre d'une très belle vallée normande. Le choix de mise en place de la permaculture, à partir de quelques rencontres et surtout de lectures, s'est rapidement confirmé. Après un démarrage en traction animale pas complètement satisfaisant, la découverte des écrits d'Eliot Coleman, maraîcher américain lui-même fortement inspiré par les maraîchers parisiens du XIX^e siècle, constitue le déclic. La mise en place de planches plates et son corollaire, l'invention d'une multitude d'outils manuels bien adaptés à cette technique, aboutissent à la constitution progressive, faite de tâtonnements, d'une véritable « technicité permacole ». Néanmoins, le récit souligne que la permaculture telle qu'elle s'est développée au Bec Hellouin ne se réduit pas à sa dimension technique et rejoint un « projet global écosystémique » : incluant toute une diversité de fonctions écosystémiques, en équilibre instable et en adaptation permanente, où tous les cycles se

connectent les uns aux autres.

L'exposé de **Fatma Fourati-Jamoussi** a pour objectif de dresser les grandes « *Tendances de l'innovation des firmes de l'agro-machinisme* ». À partir d'une veille institutionnelle et technologique, une typologie des acteurs industriels et des innovations qu'ils développent est dans un premier temps présentée. Quatre familles d'acteurs sont identifiées : tractoristes, fabricants d'équipements spécialisés, petits fabricants non spécialisés, fabricants de systèmes d'agriculture de précision et éditeurs de logiciels. Les tendances technologiques des innovations montrent l'importance des TIC et la suprématie des groupes japonais, devant les groupes internationaux comme John Deere et AGCO. À partir de l'exemple de l'agriculture de précision, quatre grandes phases d'expansion des innovations sont proposées.

Delphine Caroux propose, dans le chapitre « *Entreprises de l'agro-machinisme et agriculteurs dans la diffusion de l'innovation : sujétion, association, autonomie ?* », une approche sociohistorique des rapports qui se tissent entre agriculteurs et firmes de l'agro-machinisme. Cette thématique pose également la question de l'accompagnement des agriculteurs à l'innovation et à leur autonomie selon leurs profils. Une première période, au sortir de la Seconde Guerre mondiale, voit le développement du machinisme agricole via notamment le plan Marshall, fortement relayé par un discours « moderniste » des pouvoirs publics et de la profession agricole. Motorisation, essor de la chimie agricole et sélection animale et végétale se diffusent verticalement : les firmes de l'agro-machinisme sont les relais puissants de cette diffusion de masse. Les années 1970 sont marquées par un tournant : l'agriculture biologique et/ou de conservation ainsi que les pratiques agro-écologiques favorisent la création de groupes de pairs et une certaine autonomisation des

agriculteurs, et les firmes de l'agro-machinisme s'adaptent à cette nouvelle situation. On assiste progressivement à l'apparition de logiques d'innovations ascendantes s'appuyant notamment sur des agriculteurs-entrepreneurs souvent qualifiés de « pionniers » et plaçant la question de l'autonomie et de la création de nouveaux modèles au cœur de leurs pratiques et de leurs représentations.

Dans le chapitre « *De l'agro-machinisme aux machines agricoles autonomes* », **Corentin Chéron** propose d'analyser les évolutions techniques en cours et de comprendre l'avènement des machines autonomes. Deux phénomènes majeurs sont à la base de ce développement : les capacités de traitement des données et de leur hiérarchisation en forte augmentation, et les réseaux de connexions toujours plus puissants, notamment la 5G aujourd'hui. Les possibilités d'apprentissage des machines elles-mêmes – grâce au « *deep learning* » – vont permettre d'accroître sensiblement l'autonomie de ces équipements. Néanmoins, la perspective d'une ferme autonome n'est pas réaliste, l'objectif étant plutôt de libérer du temps de travail qui sera affecté à d'autres tâches de pilotage et d'organisation. Quelques tendances semblent se dessiner. La première est le développement de petits équipements autonomes pour le maraîchage notamment. En grandes cultures, on note également l'apparition de robots autonomes pour des fonctions précises. Son corollaire sera le développement de réseaux sociaux orientés techniques qui favoriseront les échanges et les partages d'expérience entre agriculteurs.

Marie-Asma Ben Othmen, dans « *Agricultures urbaines. Quelles techniques agronomiques ? Quels mondes en émergence ?* », analyse le potentiel de développement de l'agriculture urbaine dans un contexte de croissance continue des villes. L'auteure montre que l'agriculture urbaine se caractérise avant tout par son extraordinaire diversité, selon les

gradients de proximité avec la ville (péri- et intra-urbain) et l'utilisation plus ou moins intensive de technologies. Ainsi, ce sont six modèles qui sont caractérisés : les fermes maraîchères péri-urbaines, les jardins associatifs, les micro-fermes urbaines, les serres urbaines, la culture sur toits et balcons, et enfin des projets d'agriculture urbaine intégrée en économie circulaire. Ces modèles sont fondamentalement portés par de nouvelles préoccupations du public autour des questions environnementales, d'alimentation, d'emploi, de biodiversité, de qualité de vie, etc., qui correspondent à plusieurs visions du monde et de la place de l'agriculture. Néanmoins, les structures institutionnelles, des villes ou des pays, ne sont pas adaptées à de tels enjeux : les multiples initiatives locales et/ou individuelles seront sans doute les vecteurs majeurs des changements à venir.

Dans « *Énergie et machine en agriculture : transition, ressources, production. Vers un nouveau paradigme* », **Petros Chatzimpiros** se focalise sur les liens entre énergie renouvelable, capacité nourricière et agriculture en période longue (1882-2010) à partir d'un indice simple : le EROI qui mesure le retour sur investissement de l'énergie, entre ce qui est obtenu dans la récolte divisée par l'énergie investie dans le système. Les résultats de la modélisation montrent que le EROI est passé d'une valeur très stable jusqu'aux années 1950, de l'ordre de 2, à 3, voire 4 de nos jours. Mais dans le même temps, cette capacité nourricière accrue apparaît comme quasi dépendante totalement des énergies fossiles. Dans un modèle d'agriculture durable, cette question se posera de manière cruciale et affectera inévitablement ce ratio, le recours à ces énergies fossiles ayant permis d'accroître le ratio.

Dans leur récit professionnel « *L'invention du métier de berger de robots en viticulture* », **Xavier David-Beaulieu**, associé à **Arnaud de la Fouchardière**, relate les phases de développement du robot viticole VITIROVER, du prototype jusqu'au système intégré de

flotte de robots. Dans le contexte de la reprise de l'entreprise viticole par David-Beaulieu, face à la difficulté technique du désherbage mécanique et à la volonté de ne pas utiliser d'herbicides, l'idée d'un désherbage par des robots autonomes germe progressivement. En partant du problème à résoudre, c'est-à-dire le maintien de la hauteur d'herbe dans la vigne à un niveau acceptable et compte tenu de la contrainte d'écartement des pieds de vigne, la solution se concrétise avec un robot de petite taille équipé de panneaux solaires. C'est un « design de nécessité », construit à l'écart du « modèle du tout-tracteur » qui prend corps. Dans un deuxième temps, le besoin d'associer l'approche micro avec les possibilités offertes par la connectique et le recours au *cloud* se fait sentir. La solution élaborée consiste en la constitution d'une flotte de robots connectés et gérés par un algorithme, piloté en ligne sur ordinateur par un « berger ». Le cheminement de l'invention n'a pu se faire qu'en réfléchissant conjointement au modèle d'affaires associé, aussi le futur verra probablement apparaître de nouvelles adaptations du dispositif pour des fonctions comme la surveillance ou le traitement phytosanitaire, ce qui nécessitera aussi davantage de connaissances en agronomie, en agro-écologie et en algorithmique.

Dans un récit professionnel « *Développement durable et invention* », **Michel Galmel** retrace son parcours depuis 1980 avec une conviction progressivement acquise d'allier les enjeux socio-économiques, énergétiques et environnementaux. À partir de la reprise de la ferme familiale dans le Vexin, sa démarche a consisté à enrichir progressivement l'exploitation en écosystèmes variés – mares, vergers, haies –, puis en agroforesterie. La démarche environnementale s'est progressivement affinée, accompagnée d'une reconfiguration des parcelles en lien avec leur potentiel agronomique, et non seulement en fonction des contraintes de mécanisation. Concilier environnement et économie suppose également une diversification des marchés : ainsi, la vente à la ferme est mise en place ; des chambres

d'hôtes sont créées ; des visites sont organisées avec des écoles, des clients... Puis, la préoccupation d'autonomie énergétique a conduit à l'introduction de miscanthus sur une partie des terres, utilisé sur place pour le chauffage des bâtiments et l'accueil des visiteurs. En parallèle, une activité de prestation a été développée via une ETA (Entreprise de travaux agricoles) avec la revalorisation de sous-produits agricoles et agro-industriels. La démarche environnementale dans cette activité est également présente, car elle permet aux clients agriculteurs et industriels d'améliorer leur efficacité. Ce modèle de ferme doit encore évoluer à l'avenir pour améliorer son efficacité environnementale sans pour autant sacrifier son équilibre économique.

Matthieu Arnoux propose en synthèse du séminaire « *Une approche critique de la relation homme/machine en agriculture* ». Il souligne un premier fait marquant dans les récits professionnels : l'ingéniosité des praticiens et leur volonté de résoudre des problèmes locaux à partir de l'observation concrète. Le deuxième fait marquant est celui de la logique de mécanisation, sa permanence en temps long : de la traction animale puis mécanique et enfin motorisée qui aura permis un accroissement majeur de la productivité du travail. Néanmoins, il semble, comme les récits le montrent, que nous sommes arrivés à une limite, car les agrosystèmes deviennent très vulnérables. Pour tous ces praticiens, l'appréciation des situations dans leurs singularités locales suppose non seulement de prendre en compte le lieu, mais également le temps, comme les saisons. Ce qui reste à penser sera sans doute les évolutions institutionnelles nécessaires car, lorsque l'on passera du local à un basculement plus général, les pouvoirs en place généreront sans doute des blocages. Dans le même ordre d'idée, ces évolutions posent la question des adaptations nécessaires du marché du travail et de la mutation indispensable des métiers pour accompagner cette transition majeure.

Plan de l'ouvrage

- I. Romain PIOVAN, Les grandes questions sur l'évolution actuelle de l'agro-machinisme
- II. Philippe COLIN, Récit professionnel : Choix techniques et inventions
- III. Perrine HERVE GRUYER, Récit professionnel : La ferme biologique du Bec Hellouin
Une ferme expérimentale en agro-écologie, selon les principes de permaculture
- IV. Fatma FOURATI-JAMOSSI, Tendances de l'innovation des firmes de l'agro-machinisme
- V. Delphine CAROUX, Entreprises de l'agro-machinisme et agriculteurs dans la diffusion de l'innovation : sujétion, association, autonomie ?
- VI. Corentin CHERON, De l'agro-machinisme aux machines agricoles autonomes
- VII. Marie-Asma BEN OTHMEN, Agricultures urbaines. Quelles techniques agronomiques ? Quels mondes en émergence ?
- VIII. Petros CHATZIMPIROS, Énergie et machine en agriculture : transition, ressources, production, vers un nouveau paradigme
- IX. Xavier DAVID-BEAULIEU et Arnaud DE LA FOUCHARDIERE, Récit professionnel :
L'invention du métier de berger de robots en viticulture
- X. Michel GALMEL, Récit professionnel : Développement durable et invention
- XI. Matthieu ARNOUX, Synthèse : Une approche critique de la relation homme/machine en agriculture

- xii. Delphine CAROUX, Michel J. F. DUBOIS et Loïc SAUVÉE, Conclusion
- xiii. Les débats

Références bibliographiques

BARBE, N., BERT, J.-F. (2011). *Penser le concret. André Leroi-Gourhan, André-Georges Haudricourt, Charles Parain*, Créaphis.

BELLWOOD, P. (2005). *First Farmers. The Origin of Agricultural Societies*, Oxford, UK : Blackwell publishing.

DUBOIS, M. J. F., & SAUVEE, L. (éds) (2016). *Évolution agrotechnique contemporaine. Les transformations de la culture technique agricole*, Presses de l'UTBM.

DUBOIS, M. J. F., & SAUVEE, L. (2017). « Transformations agrotechniques contemporaines : vers l'invention d'une nouvelle culture technique agricole ? », *Cahiers COSTECH*, 1, <http://www.costech.utc.fr/CahiersCOSTECH/>.

GRIFFON, M. (2017). *Écologie intensive. La Nature, un modèle pour l'agriculture et la société*, Buchet-Chastel, 248 p.

GUCHET, X. (2005). *Les sens de l'évolution technique*, Paris : Éditions Léo Scheer.

GUCHET, X. (2008). « Évolution technique et objectivité technique chez Leroi-Gourhan et Simondon », *Appareil*, 2.

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

HAUDRICOURT, A.-G. (2010). *Des gestes aux techniques. Essai sur les techniques dans les sociétés pré-machinistes*, Paris : Édition de la Maison des sciences de l'homme et Éditions Quae.

LAFERTE, G. (2017). « Le film ethnographique comme archives », *Études Rurales*, 199, 15-32.

LENAY, C., SALEMBIER, P., LAMARD, P., LEQUIN, Y.-C., & SAUVEE, L. (2014). « Pour une

recherche technologique en sciences humaines et sociales ». In A. BERNARD, M. DELL'ANGELO, S. DE MONTGOLFIER, A.-S. GODFROY, M. HUCHETTE, A. MAYRARGUE, & C. ROUX (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.

LYNCH, É. (2017). Introduction au dossier « La caméra explore les champs », *Études Rurales*, 1/199, 9-14.

SAURIN, I. (2015). « Simondon et ses objets : philosophie, technique, psychologie », *Critique* (5), 372-383.

SAURIN, I. (2017). « Comprendre la technique, repenser l'éthique avec Simondon ». Dossier « Le problème technique », *Esprit*, 3, 157-164.

SIGAUT, F. (1976). « Une discipline scientifique à développer : la technologie de l'agriculture », *Cahiers des Ingénieurs Agronomes*, 307, 16-21.

SIGAUT, F. (1990). Postface à « Comprendre l'évolution des techniques. Vers une science des techniques », *Journées interdisciplinaires*, Lyon, 21-22 mai, Tapuscrit, 13 p.

SIGAUT, F. (2009). « Du progrès en agriculture – et en général ». In B. HERVIEU, & B. HUBERT (éds), *Sciences en campagne. Regards croisés, passés et à venir*, Édition de l'Aube, collection Société et Territoire.

SIMONDON, G. (2014). *Sur la technique*, Paris : PUF.

Les grandes questions sur l'évolution actuelle de l'agro-machinisme

Romain PIOVAN

L'agriculture dans un moment historique de son évolution

L'exposé est centré sur les productions végétales par souci de clarté. C'est en quelque sorte un prérequis ou parti pris, mais les enjeux sont semblables en production animale, avec quelques spécificités.

Nous sommes ici, car l'agriculture est à un moment charnière de son évolution historique : elle est soumise à des contraintes sociétales et réglementaires, à une mise en concurrence accrue au niveau international, à des éléments de contexte comme le changement climatique, l'augmentation de la demande alimentaire mondiale et la transition alimentaire en Europe (diminution des produits animaux).

Un consensus apparaît sur l'idée que l'agriculture doit être (re)considérée et (re)travaillée selon des critères dits « de multiperformance ». Ces principaux éléments peuvent être regroupés en trois grands ensembles : la performance économique et productive ; la performance environnementale conduisant à la réduction de l'usage des produits phytosanitaires et des engrais azotés et phosphatés, ainsi qu'à la réduction des émissions de gaz à effet de serre, sans oublier l'augmentation du stockage de carbone dans le sol ; enfin, la performance sociale, laquelle comprend autant la charge de travail, la gestion de l'incertitude que la réponse aux attentes sociétales.

Pour parvenir à cette multiperformance, il va falloir (re)concevoir un cadre de réflexion et de construction d'actions pour l'agriculture avec un certain nombre de leviers qui sont aujourd'hui identifiés. Dans son sens le plus général, l'agro-écologie nous offre un cadre de réflexion pertinent et la possibilité de reconceptions. Les principaux « *drivers* » ou éléments constitutifs sont la mobilisation de la régulation biologique et l'augmentation de la biodiversité. Ces leviers conceptuels s'accompagnent d'autres plus biologiques et/ou plus

techniques tels l'agronomie avec le changement de l'allocation des sols, la génétique, le biocontrôle ou les agro-équipements.

Quels agro-équipements pour quelle agriculture ?

Nous nous focaliserons ici, conformément à l'objet du séminaire, sur les agro-équipements. Ils peuvent être la source de trois domaines d'innovation qui viendront servir les grands principes ou les grandes fonctions de l'agro-écologie. Le premier domaine est le développement incrémental de ce qui existe déjà, c'est-à-dire des améliorations ponctuelles successives. Il en existe beaucoup en accord avec le concept principal qui est leur efficience. Cette dernière sera analysée selon différents critères pour réduire : la consommation d'énergie, d'eau et, plus généralement, d'intrants ; l'impact sur la compaction des sols par réduction des poids et modification des pneumatiques ; la dissémination dans l'environnement des apports qui peuvent devenir des contaminants.

Le deuxième domaine est l'utilisation des technologies de précision. Il s'agit d'améliorer le diagnostic et de pouvoir apporter des conseils à partir de modèles cognitifs. L'observation et la saisie des données pertinentes peuvent être réalisées par des capteurs installés dans les champs ou portés par des engins divers : satellites, drones, tracteurs. Ceci conduit à l'analyse des données par modélisation qui, elle-même, est réalisée sur la base des connaissances en biologie et en physiologie des plantes. Cela peut conduire à des décisions, puis à des actions réalisées par des systèmes plus ou moins autonomes (tracteurs, robots). Tant l'observation, la mesure que la prise de décision s'appuient sur des modèles cognitifs issus des sciences et améliorables par l'expérimentation *in situ*.

Le troisième domaine est relatif au développement de nouveaux équipements spécifiques et spécialisés pour répondre aux nouvelles pratiques liées à l'expansion de l'agro-écologie. Il s'agit en particulier d'accroître la diversité fonctionnelle des agrosystèmes à différentes échelles, de la parcelle à l'exploitation agricole jusqu'aux territoires et paysages agricoles. Cela sera réalisé en favorisant le bouclage des cycles géochimiques grâce à la préservation des principaux compartiments de la production mis en interrelation : qualité du sol,

utilisation des effluents, pratique de cultures intermédiaires et/ou associées et mise en place de nouveaux usages de la biomasse entre autres par l'intermédiaire de méthaniseurs.

On peut aussi penser les agro-équipements comme des moyens qui vont au-delà d'une simple réponse aux demandes, car ils favorisent la mise en place de l'agro-écologie. C'est une question d'adéquation entre une offre foisonnante et une demande qui, de fait, est complexe et variée. En effet, il existe une vaste offre technologique en cours de développement qui entre dans le cadre des agro-équipements, décrite ici en quatre grandes rubriques.

La première est le numérique qui lui-même se décompose en trois sections bien différentes qui décrivent trois étapes d'une chaîne dans et par laquelle sont obtenues, circulent et sont traitées ces données. Il s'agit de la collecte des données, leur transmission et le traitement de l'information.

La collecte permet de saisir des résultats de mesure caractérisant l'état d'un organe, d'un organisme, d'un couvert ou encore d'un milieu. De nombreux capteurs existent déjà pour les analyses physico-chimiques. Peu de capteurs biologiques ou hybrides sont à ce jour développés, mais la médecine et le suivi des animaux nous indiquent que cela pourrait aussi exister dans le domaine du végétal. La question est de savoir comment on les adapte et on les utilise dans un contexte de production agricole.

La transmission des données conduit à des enjeux techniques importants. D'un côté, la couverture 3G sera difficile à mettre en œuvre dans les régions agricoles à faible densité de population et, de l'autre côté, des transmissions à bas débit sont possibles, certaines technologies étant désormais opérationnelles (SigFox, LoRa).

Une fois ces données transmises sur un ordinateur, des logiciels spécifiques pourront les mettre en forme en utilisant différents algorithmes assemblés ou élaborés à partir des connaissances scientifiques et techniques. Ces données, présentées de manière ergonomique pour l'utilisateur, seront autant d'outils d'aide à la décision directement utilisables par les agriculteurs.

La deuxième concerne toutes les technologies de précision qui se déclinent selon les utilisations spécifiques des cultures et des conditions de production. Je vais prendre deux

exemples : l'application localisée des produits phytosanitaires ou de biocontrôle (trichogramme), tels le challenge ANR-Rose, récemment ouvert, qui concerne la protection des cultures en biotique ; l'autre étant la prise en compte de l'hétérogénéité intraparcellaire des cultures pouvant être représentée par des cartes de potentialités (FarmStar). C'est à partir de ces données que des préconisations peuvent être formulées en fonction des cultures en place.

La troisième concerne la mise en place de technologies autonomes, tant les robots que les outils de guidage des tracteurs, ou des outils associés (désherbage). Pour ce qui concerne la robotique, elle a déjà pris une place importante dans l'élevage. Son développement paraît plus lent dans le végétal. Or, des résultats et des développements existent désormais et certains seront présentés ci-après. Pour ce qui concerne le guidage assisté, non seulement des outils sont désormais largement utilisés (RTK), mais de nombreuses possibilités sont en exploration (Controlled Traffic Farming, ou bineuse à guidage laser, par exemple).

La quatrième rassemble les technologies qui peuvent être renforcées, développées ou même complètement conçues en réponse aux demandes d'accroissement de la diversité fonctionnelle dans les agrosystèmes. Des outils nouveaux à destination des grandes cultures ont été développés permettant de réaliser des semis précis en rangs alternés, des semis sous mulchs vivants ou morts, et par conséquent des récoltes de cultures à des stades différents, ce qui conduit à réaliser des tris d'espèces mélangées. De nombreux développements sont en cours dans ces cadres agro-écologiques. En effet, toutes ces nouvelles pratiques, optimisant la diversité fonctionnelle des agrosystèmes, demandent des développements d'agro-équipements spécifiques. On a besoin d'optimisation. Le cas de la gestion des adventices est particulièrement intéressant, car ce problème multiséculaire de l'agriculture avait été résolu par le binage manuel très consommateur de temps. Les solutions récentes, celles de l'agriculture dite conventionnelle, s'appuyaient sur la chimie (herbicide), mais les problèmes environnementaux et sociétaux que leur usage généralisé pose conduisent à rechercher des méthodes mécaniques plus ou moins automatisées (écimeuses, robots bineurs, robots tondeurs, etc.).

Rétablir le lien entre agro-équipements et agronomie

Comment peut-on agir sur le levier du machinisme pour répondre à cette transition agro-écologique, si l'on peut l'appeler ainsi ? Ou mieux, pour la favoriser ou même l'anticiper ? Un certain nombre de barrières ont été identifiées. En particulier, la taille des entreprises des agro-équipements. Il existe de nombreuses PME, ce qui peut être perçu comme un avantage. Elles sont généralement plus créatives et plus adaptées à trouver des solutions locales, mais elles ont aussi des inconvénients. En effet, les investissements nécessaires peuvent être importants et dépasser les capacités de PME. Il y a aussi de grands groupes internationaux dont la force est leur capacité à effectuer de grands investissements facilement à un moment donné, mais ces groupes privilégieront des solutions générales et non adaptées à de nombreuses conditions locales spécifiques. Des associations de PME, en partenariat avec les agriculteurs, aidées et recevant des financements adaptés, avec le soutien de la recherche publique, pourraient trouver des solutions répondant aux demandes locales.

Aujourd'hui encore, peu de liens existent entre les agro-équipementiers et la recherche en agronomie et en agro-écologie, représentant une des principales barrières sur lesquelles il faut agir. S'il y a bien une cloison étanche à décloisonner aujourd'hui, c'est entre agronomie et agro-équipements en particulier, dans cette logique de développement en concertation avec l'application des concepts de l'agro-écologie. On reboucle ici sur toutes les technologies dont on vient de parler. Il faut donc promouvoir l'émergence d'un marché de technologies complexes, dont les objets techniques – briques de ces technologies – devraient pouvoir s'assembler. La question est de savoir comment réaliser cette interaction quasi inexistante entre agro-équipementiers et acteurs des développements de l'agro-écologie.

Il existe des leviers incitatifs qui sont en lien avec les idées de performance sociale, d'apprentissage par l'usage, de partage des expériences, des savoir-faire et des usages. On peut signaler ici la start-up française WeFarmUp qui serait le premier site de partage de matériel agricole au monde. Des formations partagées entre usagers pourraient obtenir des aides incitatives⁷.

Pour conclure, nous pouvons dire que, contrairement à certaines idées reçues, agro-équipements et agro-écologie ne s'opposent pas. Au contraire, il y a, entre les deux

⁷ On peut aussi signaler la toute nouvelle start-up AGRIfind qui met en place une structure générale de réseaux entre les agriculteurs. Note des organisateurs.

approches, complémentarité et synergie. Les innovations générées par les agro-équipements peuvent être une source de soutien au déploiement de l'agro-écologie et, réciproquement, les demandes techniques de l'agro-écologie peuvent stimuler l'industrie des agro-équipements. On comprend que la notion d'innovation technologique, ou d'adoption de nouvelles technologies, devient un point critique à la réussite de la transition agro-écologique. Les éléments déterminants concernent : le coût réel pour l'agriculteur ; l'efficacité des nouvelles techniques et leur avantage pour la productivité ; la facilité d'utilisation incluant l'amélioration des conditions de travail ; la possibilité d'acquérir du matériel en commun ou dans une logique de mutualisation, qu'il s'agisse de location ou de partage⁸.

Il est donc important de renforcer les solidarités par l'apprentissage collectif, le partage des données et de construire des modèles plus précis permettant d'estimer les bénéfices collectifs et globaux. Le fait que le développement de nouveaux agro-équipements et l'expansion de l'agro-écologie soient étroitement liés ne doit pas occulter que cette liaison sera réalisée par les agriculteurs et les développeurs qui sauront travailler ensemble.

L'agro-écologie peut être « gourmande », très demandeuse en agro-équipements spécifiques et adaptés à ses besoins. C'est ce que j'ai voulu montrer par ces outils de semis et de tris. Réciproquement, cela devient un champ d'opportunités pour les équipementiers. Ces intérêts convergents, qui se concrétiseraient par des partenariats et/ou collaborations pourraient préfigurer l'agriculture de demain.

Présentation et texte inspirés de :

BELLON-MAUREL, V., & HUYGHE, C. (2017). *Putting agricultural equipment and digital technologies at the cutting edge of agroecology*, OCL, mis en ligne le 23/06/17 : <https://doi.org/10.1051/ocl/2017028>.

⁸ Des start-up sont également apparues pour répondre spécifiquement à cette problématique.

Récit professionnel : Choix techniques et inventions

Philippe COLIN

Historique de l'exploitation agricole

C'est une ferme familiale. Mon grand-père est arrivé ici en 1929. Cette ferme est entièrement en location, et l'est encore. On n'a pratiquement pas acheté de terres depuis.

Mon père a pris la suite et, en 1980, je me suis associé avec lui en GAEC. C'était une exploitation de polyculture-élevage, comme on en trouve traditionnellement dans la région. À l'époque, mon père avait soixante-dix hectares. On s'est agrandi un petit peu quand je me suis installé. On avait une centaine d'hectares dans un premier temps et un troupeau de vaches laitières qui a progressé régulièrement.

En 1996, mon père a pris sa retraite, la même année que mes beaux-parents. À ce moment-là, j'ai créé un nouveau GAEC avec ma belle-sœur, ce qui a donné lieu à un agrandissement. On est arrivé à deux cent soixante-dix hectares environ. Nous sommes restés très traditionnels : polyculture-élevage, betteraves sucrières, colza, blé, etc. et puis des vaches laitières avec un quota de cinq cent mille litres.

Les vaches laitières, ce n'est pas vraiment ma tasse de thé, mais c'était la passion de mes parents qui avaient un troupeau avec une bonne génétique. La situation de la ferme était excellente pour faire de l'élevage. Pourtant, nous avons décidé en 2008 de nous séparer des vaches laitières.

En 2007, j'avais commencé les premières plantations de miscanthus qui se sont échelonnées de 2007 à 2011 pour recouvrir en quasi-totalité la surface de la ferme.



Historique de l'Entreprise de travaux agricoles

En 1996, nous avons repris l'exploitation de mon beau-père ainsi que sa petite Entreprise de travaux agricoles. Personnellement, j'ai toujours été attiré par les machines et par les organisations de chantier. Cette entreprise faisait uniquement de la moisson, de l'épandage et les ensilages de maïs. Nous l'avons développée progressivement, notamment avec des activités nouvelles non proposées par des collègues concurrents, ou bien en proposant les mêmes activités, mais de manière différente pour attirer une clientèle. Je cherchais à développer l'entreprise d'une manière qui soit plus intéressante pour moi, car il fallait mettre en place des choses différentes pour apporter un service différent à l'avantage du client avec une meilleure qualité de prestation, tout en m'offrant le plaisir de travailler différemment.

Un leitmotiv : travailler différemment

J'ai commencé sur la ferme. Quand j'ai commencé à travailler avec mon père en 1976, on a acheté un *round baller*, alors qu'à l'époque la paille ne se ramassait qu'en petites balles. C'était difficile car, avec la taille de notre troupeau, on avait une quantité de paille assez impressionnante à récupérer. En achetant ce *round baller*, on l'a fait découvrir à toute la région. En 1977, j'ai commencé à aller chez un client avec le *round baller* et les voisins sont venus le voir également. Pendant une semaine, je suis parti de fermes en fermes avec mon engin. C'était le début de ma façon de faire autrement par rapport aux autres. Au bout d'une dizaine d'années, il commençait à y avoir des *round baller* partout et moi, je commençais à voir le côté moins pratique : c'était volumineux et rond donc plus instable. On commençait à trouver les premières presses à balles cubiques, c'était en 1987, avec mon père, nous avons acheté ce type de presses. C'est à partir de cette date que j'ai commencé à développer l'activité de prestation de services et, pendant deux ans, j'étais le seul dans le département à avoir cette presse à balles cubiques. Rapidement, j'ai eu beaucoup de travail avec cette machine. J'ai mis ainsi le doigt dans l'engrenage : je peux faire de la prestation de services ; je peux travailler pour les autres ; j'apporte un service, pas toujours inconnu, mais qui est au début de son développement.

Parallèlement sur la ferme, en 1994, j'ai abandonné la charrue pour commencer les techniques culturales simplifiées (TCS). Mon idée était de faire du semis direct, mais je me suis rendu compte que, sans maîtrise de la couverture de sol, je faisais des erreurs. J'avais des problèmes de salissement de parcelles et, en conséquence, j'ai fait un petit retour en arrière en faisant des TCS. On parlait du semis sous couvert qui se pratiquait dans d'autres pays. Ma crainte, c'était notre climat qui ne paraissait pas adapté pour faire du semis sous couvert. On est dans une région maritime. Le sol ne sera pas suffisamment sec au moment où je ferai mes semis. Aussi, je n'ai pas pris la direction du semis direct, j'ai préféré travailler un petit peu le sol pour faire de l'inter-culture, faire germer des mauvaises herbes pour continuer en TCS. Mais, dans le même temps, je découvrais la vie du sol. J'avais tourné la page de la charrue où on bouleverse toute la structure du sol.

Puis, peu de temps après, en 1995, j'ai acheté un pulvérisateur à bas volume pour pouvoir réduire les quantités d'eau et les doses de produits phytosanitaires. Il y en avait très peu à ce moment-là et les conseillers étaient très méfiants en disant : « *Attention aux résistances sur les plantes* ». Mais je cherchais à réduire tous les produits phytosanitaires, herbicides, insecticides et fongicides, aussi bien pour des raisons économiques qu'écologiques.

Une approche industrielle : optimiser le débit du système en supprimant les facteurs limitants

En 1996, j'ai commencé à développer sérieusement l'Entreprise de travaux agricoles car, auparavant, on ne faisait que peu de pressage de paille. C'est à ce moment-là que j'ai découvert une machine qui permettait de stocker l'ensilage en boudin en anaérobie totale. Comme l'ensilage était une partie importante des activités de l'Entreprise de travaux agricoles, j'ai donc investi dans cette machine. Aujourd'hui, j'ai toujours cette machine, mais j'ai un peu moins de clients, car il y a moins d'élevages et encore beaucoup d'éleveurs ne saisissent pas l'intérêt de l'anaérobie totale et immédiate alors que cela permet d'avoir une très bonne conservation de l'ensilage. Cela reste encore une technique très peu développée dans la région.

La même année, en 1996, j'ai investi dans un retourneur d'andins pour faire du compost à base de fumier. On utilise encore cette machine, mais l'activité n'est pas très développée. Entre-temps, il y a eu des normes qui ont obligé les éleveurs à faire des fumières en béton et donc ils ne remettent pas le fumier en andain, ce qui a freiné le développement de la

technique. Mais je pense que les éleveurs ne réfléchissent pas assez loin dans l'amélioration de leur fumier. En effet, en le compostant, on peut l'améliorer et le stabiliser. Nous avons une clientèle, mais l'activité reste assez marginale.

Aussi, en 1996, je reprenais l'entreprise de mes beaux-parents. Ils avaient deux ensileuses et deux engins pour tasser les silos. J'ai remplacé les deux ensileuses par une seule plus puissante tout en laissant les deux engins de tassage sur un même silo de façon à garder une bonne qualité de tassage. Sur les structures qu'il y avait dans nos régions, pour garder cette bonne qualité de tassage avec une machine plus puissante, il fallait ces deux engins. Cette technique avait été révolutionnaire dans la région, même si les éleveurs craignaient que ça ne fonctionne pas chez eux. Au bout de quelques années, ils ont été convaincus. À ce moment-là, j'ai rechangé. J'ai acheté un engin plus gros pour tasser. C'est facile d'avoir des machines plus larges, plus puissantes pour aller plus vite dans le champ, mais le goulot d'étranglement se trouve au niveau du silo. Pour avoir une bonne qualité, et maintenir le rythme de chantier, il faut être performant au niveau du tassage. Chez nous, on a toujours dit, à partir d'observations concrètes, que le débit du chantier est régi par le chauffeur qui tasse. C'est lui le métronome. Quelques années après, j'ai acheté un tracteur très gros, très puissant pour pouvoir faire le tassage avec un seul chauffeur. C'est ici que c'est amusant car, pendant ce temps-là, les collègues concurrents avaient commencé à mettre un deuxième engin pour tasser. Car, comme je le faisais, leurs clients le leur demandaient. Mais pendant qu'ils avaient deux engins pour tasser, je suis passé à l'étape suivante avec un seul, plus gros. En 2000, on s'est équipé de bennes de grands volumes pour proposer des chantiers complets : on ensile, on transporte et on tasse, ce qui améliore encore le tassage puisqu'en ayant moins de véhicules en circulation, le chauffeur qui tasse le silo est moins souvent gêné. Avec des bennes de quarante mètres cubes, il a une benne toutes les cinq ou six minutes, et donc beaucoup plus de temps pour tasser. Le débit de chantier est aussi amélioré, car il est moins gêné et travaille plus vite.

Ensuite, dans les années 2000, il a fallu aussi investir dans une ensileuse avec une trémie de trente-cinq mètres cubes de façon à améliorer le travail au champ et économiser une benne sur la rotation entre le champ et le silo. Tout cela permet d'avoir moins d'engins en rotation et ainsi le chantier tourne tranquillement. Aujourd'hui, on est passé à une étape supérieure avec des remorques encore plus grandes. Les clients ont parfois l'impression que ça n'avance pas parce qu'ils ne voient passer des remorques que toutes les dix minutes ou un

quart d'heure. Mais, en réalité, on a toujours le même débit de travail avec beaucoup moins de véhicules en mouvement.



Améliorer le système et modifier les machines pour les adapter aux besoins

Pour ce qui concerne la machine à confectionner les boudins, nous avons commencé avec celle qui existait à l'époque, c'est-à-dire derrière un tracteur avec une petite trémie sur le côté. Rapidement, je ne suis rendu compte que le débit de chantier n'était pas convenable. L'ensileuse devait attendre, car la machine n'allait pas assez vite. J'ai eu la chance de trouver cette machine dans une petite usine d'un fabricant italien avec lequel on pouvait dialoguer. Je lui ai fait remonter les informations concernant le manque de débit. Ainsi, il m'en a fait une autre avec plus de débit, mais suivant toujours le même concept de la machine derrière le tracteur qui, pour moi, présentait des inconvénients. Je lui ai donc demandé de me faire une machine automotrice pour qu'il n'y ait pas de frein au niveau de la mise en boudin. J'ai dû insister pendant au moins deux ans car, selon lui, ça ne pouvait pas fonctionner. Je l'ai dessiné sommairement pour montrer son principe de fonctionnement et je suis allé le rencontrer. Il m'a répondu : « *C'est la machine de l'an 2020 !* » Six mois après, il a accepté de me faire un prototype et aujourd'hui, il fabrique cette machine en petite série. À partir de ce moment-là, nous avons pu accroître la quantité de boudins produits chaque année, parce que nous avons une machine qui avait un débit équivalent à celle de l'ensileuse. Cela semble insignifiant et ce n'est pas une révolution mécanique mais, finalement, c'est une optimisation économique. J'ai été seulement à la base d'une amélioration de la machine, car le principe de tasser l'ensilage dans un boudin reste le même.



Importer et diffuser une nouvelle pratique

L'idée, c'est le résultat de la curiosité. Je regarde ce qui se fait un peu partout et lorsque je découvre quelque chose qui m'interpelle, j'analyse les avantages, les inconvénients et puis, si j'y vois des avantages j'ai envie de le tester pour faire avancer les choses. À l'époque, comme nous avions une exploitation laitière, ces techniques d'ensilage m'intéressaient pour mon exploitation. De même à l'époque, l'enrubannage en balles carrées n'existait pas dans la région. C'était uniquement sous forme de balles rondes. J'en faisais faire un peu par des voisins pour mon troupeau, mais je ne trouvais pas cela pratique. Comme on avait déjà la presse à balles carrées, le concessionnaire m'avait demandé pourquoi je ne ferais pas de l'enrubannage avec cette presse. Cela me semblait impossible mais, en Belgique chez ce concessionnaire, ça se faisait. Je suis allé voir sur place et j'ai adopté sa technique en travaillant à poste fixe, à la ferme. Depuis, cette technique s'est répandue très rapidement dans le secteur. Dès la première année, j'ai eu une clientèle importante, grâce à l'aspect plus pratique du stockage, du transport et pour la distribution : une balle carrée se démonte plis par plis, donc c'est moins pénible et l'on peut mieux rationner les animaux. J'ai commencé cette technique en 1998, mais c'est seulement depuis trois ou quatre ans qu'elle se développe chez mes concurrents.

La recherche du « bel ouvrage » : produire une qualité de service

Lorsque je découvre une technique qui me plaît, je la teste et, si je lui trouve suffisamment d'avantages, je la propose au client en lui montrant les intérêts de cette nouvelle technique pour lui. Par exemple, concernant la qualité de l'ensilage, je sais que le produit final pour le

client est important car, si le client a un bon ensilage, un bon enrubannage pour ses bêtes, il va avoir une meilleure production. À travers le produit fini, j'aurai aussi la reconnaissance du client et une nouvelle clientèle. Par exemple, des clients préfèrent mes services plutôt que ceux des concurrents parce qu'ils savent qu'ils auront un bon produit, un bon aliment à donner à leurs vaches, donc plus de production laitière. Ils ont cette image-là de notre entreprise. Évidemment, avec une très belle machine, on peut faire un sale boulot. Je répète souvent à mes chauffeurs que la clientèle, c'est eux qui la font, par la qualité de leur travail. Je me demande toujours ce que je peux faire pour améliorer les chantiers. Par exemple, pour l'enrubannage, on a besoin de mettre le film plastique sur la balle pressée le plus rapidement possible, mais je reste tributaire de la rapidité du client pour ramener les balles du champ à la ferme.

Trajectoires de recherche : lire entre les lignes

Pendant tout mon temps libre, et même lorsque je travaille, je me demande quelles améliorations seraient possibles. Par exemple, au niveau de l'enrubannage, je cherche comment réduire ce temps. J'ai quelques idées et je réfléchis à la façon de les développer. La première machine à boudins que j'ai achetée, je m'y suis intéressé parce que j'avais trouvé dans *La France Agricole* un petit encart qui parlait de cette machine pour l'ensilage d'herbe. Je me suis dit que cette machine, pour la pulpe surpressée de betteraves et pour éviter le développement des butyriques, devait être pertinente. Il faut que la pulpe soit ensilée la plus chaude possible et que le silo puisse refroidir à cœur le plus rapidement, donc le boudin, de par sa taille, va se refroidir très vite. Je suis toujours en train de chercher en me disant que je trouverai bien quelque chose qui améliorera l'ordinaire. Pour moi, cette recherche est un plaisir et si ça peut être fait différemment des autres, c'est encore mieux. Même si quelqu'un a eu une excellente idée, le copier, dans la même région, n'est pas possible. Par exemple, la technique que j'ai découverte en Belgique, c'est de la pure imitation, mais chez nous, personne ne le faisait. Bien souvent, je change quelque chose, mais, pour ce cas en l'occurrence, rien n'a été changé. Ce fut juste un transfert régional.

Développer et financer ses innovations

Les préoccupations économiques interviennent en dernier lieu et, souvent, je galère. J'ai des collègues qui font avec quinze ou vingt ans de retard ce que les autres font aujourd'hui, mais

ils gagnent plus d'argent que moi. Quand je me plante, la perte est pour moi. Par exemple, pour cette machine à boudins, on a mis près de dix ans pour être opérationnel. On a passé plus de mille heures de travail pour l'améliorer en faisant remonter les modifications au constructeur. Je le fais parce que je cherche toujours l'amélioration, mais je ne le fais pas pour gagner de l'argent. Je me dis que, malgré tout, il y aura un gain. Cependant, quand on part le premier, on a rarement le gain. Ceux qui suivent juste après en tirent plus de profit. Mais j'ai la satisfaction et ça, c'est le plus important. Quand on termine un chantier, que je vois un client enchanté et réjoui, je suis déjà à moitié payé. La satisfaction du client, c'est la moitié de mon salaire.

Alors, en matière de trésorerie, on galère énormément. Quand je me suis intéressé au miscanthus, on avait encore la production laitière. Puis j'ai décidé d'arrêter le lait. En conséquence, la vente du cheptel arrivait. La première année, je décide d'investir les primes PAC dans la plantation, et en 2008, je décide de planter cinquante hectares de plus. Je commence à m'adresser aux banques qui mettent trois mois à me répondre. Pendant ce temps, le miscanthus est planté. Refus de la banque ! C'est le début des difficultés. Mais comme je vendais mes vaches laitières – la chance, toujours la chance – j'ai pu payer le miscanthus avec cette vente alors que, dans mon plan de progression, la vente des vaches devrait être la petite cagnotte que je mettais de côté. J'ai persévéré et, l'année suivante, la banque a accepté de me prêter une partie, l'année d'après également. La partie manquante, c'était au moment de l'arrêt des sucreries avec la possibilité de subventionner des plantations de miscanthus. Puis se posa le problème du stockage. Il fallait un bâtiment pour le stocker et, au vu du volume du miscanthus, c'était un investissement lourd. Les banques n'acceptaient toujours pas de nous faire confiance. Elles nous disaient que nous n'avions pas de contrat d'achat. En effet, je n'en voulais pas. Je veux vendre directement en circuit court. Ce qui m'a autant motivé dans la production de miscanthus, c'est qu'il n'y avait pas de structure programmée autour de cette plante. Je pouvais construire ma propre filière parce que je supportais de plus en plus mal de produire du blé et du lait, de faire de la qualité pour, au final, ne pas être rémunéré à sa juste valeur. Nous sommes ainsi en train de développer ce marché, puisque la production atteindra bientôt son volume stabilisé. Et il reste beaucoup de nouveaux débouchés à trouver.



Aventure individuelle et collective : la découverte du miscanthus et l'adaptation d'une machine

Je travaille beaucoup plus de manière individuelle que collective, car on rencontre peu de gens ayant la même motivation. Mes idées sont tellement farfelues que j'ai du mal à trouver quelqu'un qui va avoir les mêmes idées et qui va avancer à la même vitesse. Avec le miscanthus, j'ai trouvé ces personnes. Elles ont plein d'idées et nous fonctionnons entre guillemets à la même vitesse. L'idée est de développer le miscanthus. Cette plante est relativement nouvelle en France et il n'existait pas de machine adaptée pour planter ce rhizome.

C'est en 2007 que je l'ai découvert. Un client m'avait téléphoné pour me dire qu'il y avait une réunion d'information sur le miscanthus dans la Somme. Je ne le connaissais pas, donc ça m'intéressait. J'ai cherché sur Internet ce que c'était et je me suis rendu compte que ça se récoltait en février-mars à l'époque où l'ensileuse à maïs ne travaille pas. Alors, je suis allé à cette réunion pour trouver des clients afin de faire travailler ma machine. Mais il y avait si peu de clients intéressés qu'il a bien fallu que je m'y intéresse ! [Rire]. Et je ne me doutais pas que j'en ferais une de mes activités principales. Pour planter, il existait déjà des machines, entièrement automatiques et fabriquées en Angleterre. Elles avaient l'avantage d'avoir un débit de chantier important, mais elles avaient l'inconvénient de faire un travail relativement irrégulier, car le rhizome est de forme variable. La plantation n'était donc pas régulière. Les premières années, les agriculteurs qui en ont planté avec moi ont eu quelques

échecs, avec des plantations irrégulières. On y a réfléchi avec l'équipe de NovaBiom⁹ en se disant qu'il faudrait replanter dans les parcelles où il y a eu des « ratés ». C'est à ce moment-là qu'on m'a demandé si je ne pouvais pas trouver une solution pour replanter. On a alors modifié des machines qu'on avait sur la ferme pour pouvoir travailler le sol entre deux rangs et replanter entre ces rangs. On a bricolé une machine puis on a commencé à replanter. C'était le début de nos échanges. L'année suivante, on a remarqué que la régularité de plantation sur les machines automatiques était moyenne. Ici, je n'avais fait que la fabrication de la machine dans notre atelier. C'était NovaBiom qui l'avait conçue. Mais on a eu plaisir à fabriquer et à arranger quelques détails techniques. À chaque fois, on observe les machines existantes pour prendre des éléments des unes ou des autres, car on n'est pas là pour réinventer ce qui existe déjà. Quand il faut planter à dix centimètres, une machine à pommes de terre le fait très bien. On ne va pas réinventer le soc correspondant, donc on prend cette partie-là. De même, il y a des systèmes de tapis automatiques ou de godets, mais là, on ne peut pas le faire pour le miscanthus parce que le rhizome n'est ni rond ni régulier. On a ainsi repris l'idée du tapis, mais le godet, c'est la main de l'opérateur. Alors, on a récupéré une vieille machine à pommes de terre, élargi le châssis, fait des tas de modifications et fabriqué le tapis à notre dimension. On a simplement fait un assemblage pour que ce soit fonctionnel.



Créer son marché : l'invention d'une machine à dépoussiérer comme avantage commercial

Puis, il faut aussi trouver des débouchés pour cette paille de miscanthus. La dépoussiérer pour certains débouchés peut être intéressant, car la feuille qui entoure la tige ne nous intéresse pas. Il a donc fallu créer une machine. Je suis allé voir un agriculteur qui en avait

⁹ NovaBiom, créée en 2006, est une société spécialiste des nouvelles biomasses végétales et en promeut l'usage : en particulier le miscanthus.

déjà fait une, pour m'en inspirer. Sa machine fonctionnait mais, pour moi, le résultat n'était pas suffisant. Elle enlevait environ 10 % de feuilles et de poussière. Maintenant, j'en enlève 20 %. J'ai cherché à faire mieux, à obtenir un produit avec uniquement des tiges de miscanthus, mais je ne suis pas encore pleinement satisfait. Ma machine manque de débit. Il faut que j'en fabrique une nouvelle ou que j'en trouve une autre dans le commerce. Aujourd'hui, je n'ai toujours pas trouvé. Le fait d'aller voir cette machine a eu l'avantage de me faire abandonner le système que j'avais imaginé. J'ai réfléchi pour faire autrement, en cherchant sur Internet des machines qui dépoussièrent du grain. J'ai fait une machine avec un volume beaucoup plus grand et une aspiration plus faible pour ne pas aspirer tout le miscanthus. Elle n'est pas parfaite, mais elle fonctionne depuis plusieurs années. Son plus gros défaut reste son manque de débit, car nos volumes à vendre ont bien augmenté. On vend de plus en plus de miscanthus dépoussiérés parce qu'on voit la différence entre un produit brut et dépoussiéré. Cette machine n'est pas brevetée, mais d'ici qu'il y en ait un qui la copie, j'en aurai fait une nouvelle, encore mieux, et je garderai l'avantage. Je ne sais pas si un de ses détails techniques permettrait de la breveter parce que je m'inspire des vans qui existaient pour les céréales et qu'on tournait à la manivelle. Je n'ai rien inventé. J'ai adapté, en dimensionnant en fonction de mon besoin, une machine qui était plus ou moins déjà existante. Je l'ai à peine modifiée.

On est assez peu nombreux à dépoussiérer et je joue là-dessus pour la commercialisation. Mais il y a une concurrence. Au début, je cherchais à le dépoussiérer pour le vendre comme litière pour chevaux, mais au final j'ai peu développé ce marché. Quand j'ai fait cette machine et vu le produit qui en sortait, je me suis dit que c'était un beau produit pour faire ruminer les vaches laitières. Je l'ai utilisé comme argument, car le côté piquant et agressif de la tige du miscanthus oblige la vache à ruminer. Les feuilles ne vont pas obliger la vache à ruminer. Elles vont créer un encombrement inutile dans la panse, de l'ordre de 20 %, ce qui n'est pas négligeable.

Et puis le produit, commercialement parlant, est plus beau. Pour le paillage horticole, il n'y a pas besoin de dépoussiérer mais, par exemple, s'il y a un peu de vent, les feuilles s'envolent et vont sur les allées, le client est obligé de balayer. Le dépoussiéré, je le vends plus cher, car j'ai perdu 20 % de la matière sans compter le travail de dépoussiérage. Je reçois quand même de plus en plus de demandes de devis pour du dépoussiéré. Par exemple de la part

des villes, car il y a eu des départs d'incendie dans des parterres ayant des amas de lin. Je me rends compte que depuis quelques années, c'est le client qui demande du dépoussiéré. Ils ne feront donc pas le choix du moins cher parce qu'avec moi, ils ont un produit différent. J'en fais un avantage commercial, en misant sur le temps que mes collègues prendront pour s'équiper d'un outil de dépoussiérage. Au début, c'était pour faire un beau produit. Aujourd'hui, c'est devenu un avantage commercial.



La construction d'un réseau d'innovateurs

J'ai cette curiosité d'aller voir ce qu'il y a ailleurs, donc je vais assez facilement dans les salons de machines agricoles les plus proches : Paris, Bruxelles, Hanovre. Et puis, une année je suis allé en Californie parce que je m'attendais à découvrir des choses qui n'étaient pas utilisées chez nous. Aller sur le terrain permet de faire des découvertes. Par exemple sur un salon, un petit constructeur qui, à l'époque, n'avait pas de site Internet, a fabriqué une machine qui pourrait m'intéresser. Je ne vais pas la trouver comme ça, c'est en me promenant dans les allées. À l'époque, je cherchais des andaineurs à tapis pour le foin. Ils étaient quasi inexistantes en Europe et je me suis dit que j'en trouverai aux États-Unis, car ils travaillaient avec ce genre de machines. Effectivement, il y avait des marques différentes et les prix étaient trois fois moins élevés que chez nous. En revanche, une fois repliée, c'était encore cinq mètres de large, donc je n'ai rien acheté là-bas.

Entre l'agriculteur et l'entrepreneur-innovateur

Mon père n'était pas du tout machine. Il était éleveur, avec un esprit innovateur malgré tout. En 1966, il y a eu la tuberculose dans le troupeau. C'est pourquoi, cette année-là, il

décida de faire construire une étable à stabulation libre, ce qui était assez révolutionnaire à l'époque. On n'imaginait pas les vaches autrement qu'attachées dans une étable. Il avait déjà l'esprit innovant, mais il ne bricolait pas du tout.

Moi, je pense que je n'ai jamais réellement été agriculteur. À la base, j'avais choisi de ne pas être agriculteur. Je ne savais pas ce que je voulais faire. Chaque année, j'envisageais un métier différent. Et puis, je suis revenu aider mes parents sur la ferme, et, assez rapidement, je ne pouvais plus partir parce qu'ils avaient besoin de moi. J'ai pris une place et je ne pouvais plus les abandonner. Du coup, je suis resté. Qu'est-ce qui fait que je travaille tellement différemment des autres ? C'est probablement parce que ce n'était pas le métier que j'avais choisi, mais je n'ai jamais su choisir de métier. Et ce métier m'a finalement toujours convenu parce qu'un agriculteur fait cinquante métiers différents. Pour certains agriculteurs, ce qui les intéresse vraiment, c'est la croissance de la plante, son observation. Moi, ce qui m'a attiré dans ce métier, c'était l'utilisation des machines. J'avais plaisir à les conduire, les utiliser, voire à les modifier un petit peu pour les améliorer. Je dis toujours que je n'ai jamais travaillé de ma vie. Je n'ai fait que me distraire. Quelque part, je ne suis pas un vrai paysan, car je pense qu'un vrai paysan mettrait difficilement la totalité de sa ferme en miscanthus parce que, hormis se faire plaisir en disant « *j'ai trouvé une plante écologique et la terre vit naturellement* », ce n'est plus une production agricole... Je n'ai plus ce besoin d'observer les plantes et la terre et ça ne me manque pas plus que ça. En fait, je suis là un peu par hasard.

Perspectives d'avenir

En 1996, j'avais déjà équipé la moissonneuse de contrôleurs de rendement et de GPS. Je devais être le seul dans le coin à ce moment-là, mais j'avais trop d'activités différentes et je ne me suis pas assez impliqué. Je récupérais des données, mais il n'existait pas encore de quoi les utiliser correctement. Et je pense qu'on a de gros intérêts ici, parce que le traitement de ces données permet d'éviter des gaspillages et des pollutions en ciblant avec précision la demande. Le gigantisme... C'est vrai que j'aime bien les grosses machines, mais le gigantisme dans certains terrains va créer trop de dégâts, trop compacter, alors que revenir à une multitude de petites machines qui travaillent toutes seules dans un champ va probablement permettre de retrouver un travail manuel qu'on faisait avant, avec plus de précision encore, sans la pénibilité du travail. Avec de petits robots, on va pouvoir revenir à

l'individualisation du travail de façon précise, sans avoir un surcoût parce que les économies d'échelle sur des grosses structures permettent économiquement d'être mieux placés. On peut être rêveur et dire « *c'était mieux avant* », mais je suis désolé, ce n'était pas mieux avant. On ne va pas se mettre à la place des gens qui avaient le dos broyé à quarante ans. C'est une vue des villes. Qu'ils viennent sur le terrain faire le travail et ils verront que ce n'était pas mieux avant.

La Ferme biologique du Bec Hellouin

Une ferme expérimentale en agro-écologie, selon les principes de la permaculture

Perrine HERVE-GRUYER

Introduction

Si un citoyen veut vivre dans un jardin, retrouver le contact de la nature, et qu'il a le bruit et l'odeur d'un tracteur à côté... cela ne marche pas ! C'est ce que chacun peut observer. En fait, je me demande encore si c'est pertinent que j'expose mes travaux dans le cadre d'un séminaire de recherche sur les machines agricoles, car rien dans mes travaux n'a à voir avec ce thème. Mais je vais essayer de vous montrer que ce type d'agriculture que nous avons développé n'est pas une invention de gens très intelligents qui sont partis de rien. Nous avons repris des pratiques quasi ancestrales, associées à de bonnes pratiques, les plus modernes possible, accompagnées de l'éclairage des connaissances de la science. Comme vous le verrez, cela nous a beaucoup aidés, notamment pour la compréhension et la connaissance de notre sol, mais aussi pour la sélection des pratiques les plus productives.



Nous sommes des nouveaux paysans, des néophytes complets. Nous nous sommes installés en 2006. C'est Charles l'exploitant, mais je suis maintenant à 100 % sur la ferme. Nous n'avons aucune formation agricole, ce qui est,

bien sûr, un inconvénient comme porteurs de projet. Nous n'avons aucune formation avant de commencer, aucune visite d'exploitations agricoles. Nous sommes partis d'une représentation : être autosuffisant pour la famille agricole. En 2006, la ferme est créée. En 2007, elle fait 16 ha. Aujourd'hui, nous sommes à 20 ha. Nous avons 4 500 m² de maraîchage, ce qui peut sembler ridicule, mais nous l'avons pourtant encore réduit, à 1 500 m², ce qui peut sembler étrange, mais j'expliquerai plus loin le sens de cette réduction. Nous admettons que la partie productive est davantage l'agrandissement d'un grand jardin plutôt que d'une ferme. Pourtant, dans sa globalité, c'est une ferme. Nous pratiquons l'arboriculture, la production de petits fruits, de plantes médicinales, mais notre production principale reste le maraîchage, donc la production de légumes. Nous sommes aussi une ferme pédagogique, et ce, depuis le début, car nous avons cette spécificité : l'envie de partager. Je ne vais pas prétendre « transmettre », mais aujourd'hui, c'est bien ce que nous faisons à partir de notre expérience, et nous essayons de mettre des porteurs de projet sur des rails moins difficiles que ceux que nous avons suivis.

Le projet

Le projet initial ressemble un peu au fantasme des « paysages comestibles », comme ceux de Bretagne dans les années 1950, faits de bocages. Il n'y en a plus en Normandie. Dans l'Eure, nous avons aussi, dans le passé, des paysages bocagers, mais ils ont complètement disparu et l'agriculture se pratique désormais sur de grandes étendues, sans arbres, sans mares, sans talus, sans haies. Nous voulions recréer un tel paysage dans une vallée étroite où il n'y a pas de grandes cultures intensives : ce n'était que de l'herbage extensif. C'était néanmoins un avantage pour notre projet, surtout, pour notre souhait de départ : faire autrement en prenant en compte la problématique de la transition énergétique. C'était en arrière-fond

depuis le début. Le coût d'extraction du pétrole et donc son prix finiraient par le rendre inabordable à un moment donné pour la production alimentaire. Il fallait donc anticiper, prévoir de faire autrement et réaliser ce changement.



Ceci étant, dès le départ, nous étions en traction animale et en travail manuel. Pour autant, il était hors de question, en dépit de notre petit côté bucolique et rêveur..., que ce ne soit pas pertinent : il fallait gagner notre vie, grâce à cette activité, et libérer du temps. Donc, un travail dit « manuel » pour nous aujourd'hui, – car chaque jour nous progressons –, rime avec intensif, technique et surtout très productif. Le plaisir esthétique et gustatif est toujours en fond d'écran. Nous avons hérité d'une très belle vallée. Étant très sensibles à l'environnement, la beauté de l'exploitation agricole était et est toujours très importante pour nous, mais aussi la beauté de ce que l'on obtient et la qualité de ce qui est proposé. Ce n'est pas pour autant que nous valorisons uniquement l'esthétique et le gustatif, sauf pour les restaurants gastronomiques, car nous vendons également des paniers chaque semaine à la ferme. Après avoir commencé en AMAP, nous sommes passés à un « système paniers », qui offre plus de liberté aux clients. Il y a à la fois cette notion de diversité, de plaisir et celle de renouer avec le goût.

La mise en place de la permaculture au Bec Hellouin

Comment appréhender l'exploitation agricole comme un outil agronomique qui fonctionne, surtout comme un écosystème ? Ce n'était pas complètement concret dans nos esprits au départ, même si nous l'avons écrit maintenant dans notre livre¹⁰. Nous avons cherché des informations partout sans grand succès. Pas de référentiel technico-économique, pas de référentiel technique, très peu ou presque pas de pénétration de la permaculture dans le milieu agricole en France. J'ai mis du temps à comprendre. Pourquoi personne n'avait essayé d'utiliser la permaculture en agriculture ? De fait, ce ne sont pas des agriculteurs qui ont initié la permaculture, en tout cas pas des agriculteurs tels qu'on les conçoit aujourd'hui, en France.

¹⁰ HERVE-GRUYER, P., & C. (2014). *Permaculture – Guérir la terre, nourrir les hommes*, Arles : Actes Sud, coll. Domaine du possible.

Finalement, nous avons rencontré quelques personnes et nous avons découvert une approche qui correspondait à nos aspirations : cultiver sans être contre la nature ou l'environnement, sans opposer nature et agriculture. Nous cherchions à travailler, à cultiver en boucle et non de manière linéaire. Le sol et sa qualité sont la base de tout. Nous sommes partis dans des conditions très atypiques, à partir d'un sol quasi inexistant, le pire possible pour faire du maraîchage. Nous avons passé beaucoup de temps à produire du sol. Nous sommes arrivés à cette vision écosystémique : à chaque fois, que je fais quelque chose, je dois connaître toutes les fonctions obtenues par cette activité. Je plante un arbre. Je dois analyser les fonctions de cet arbre à cet endroit-là : si c'est un pommier, il va me donner des pommes, c'est sa fonction première, mais je ne me contente pas de cela. Il faut en décliner plusieurs supplémentaires comme la production d'humus, la maintenance du sol par les racines, le stockage de l'eau de pluie. Cela peut paraître une démarche très intellectuelle, mais au quotidien ce n'est pas compliqué, car vous êtes dans votre milieu. C'est l'avantage d'être petit : il est possible de tout analyser.

Au début, nous sommes partis d'un grand herbager, une parcelle d'1,3 ha. D'année en année, nous incorporions les herbages tout autour et nous cultivions au milieu, avec comme résultat de ne pas pouvoir produire suffisamment. « *Pour produire plus, pensions-nous, il faut s'agrandir.* » Aujourd'hui, au contraire, chaque année, nous réduisons la surface de culture maraîchère. En produisant « petit », intense, très bien observé et suivi, avec une vraie présence, en attirant beaucoup de services écosystémiques, on arrive à produire plus. Il semble que la clef de la réussite économique, ce soit les associations. En étant beaucoup plus grand, le risque est d'être vite débordé par le désherbage ou d'y passer tout notre temps. Nous avons commencé en traction animale, mais il nous manquait quelque chose, cet aspect écosystémique. Sans le savoir, je l'attendais. La traction animale est quand même restée dans le système, mais de moins en moins depuis que nous sommes partis en permaculture. Si tout était cultivé en traction animale au départ, nous sommes passés petit à petit à un travail majoritairement fait à la main. Ce fut par plaisir, mais, pour certaines cultures, nous avons gardé la traction animale, par exemple pour les pommes de terre.

En revanche, l'usage de la traction animale n'a jamais signifié la pratique du labour. Avant même de connaître le sol, la notion de labour était absente de notre action. En effet, nous avons rapidement compris que ce n'était pas cohérent. Nous sommes sur la ferme, en

production maraîchère à peu près à 50 % en buttes et à 50 % en planches plates soit à la main, soit en traction animale. Puis, en permaculture, le cheval n'a repris qu'une portion infime des travaux à la ferme. Au tout début, nous avons travaillé au motoculteur pour avoir un sol de surface très fin. Puis, nous avons découvert d'autres outils. Ce sont ces techniques de culture qui nous ont fait changer et nous ont amenés à avoir de nouveaux besoins en outils. Nous avons découvert Eliot Coleman, maraîcher américain qui, pendant des années, a été fasciné par les maraîchers parisiens de la fin du XIX^e-début du XX^e siècle. Jusque dans les années 1990, il venait chaque année en France. Il a repris toutes ces techniques et ce savoir pratiqués autrefois en France, qu'il a adapté chez lui. Grâce à lui, nous avons redécouvert les techniques des anciens maraîchers parisiens.

C'est lui qui nous a amenés à ces planches plates, car il a inventé un semoir de précision à six rangs, adapté à ses planches (pour des légumes en hiver). Il est un grand inventeur d'outils de précision. Il invente tout ce dont il a besoin. De fait, après avoir fait la synthèse de tous les outils existants, nous n'avions pas encore tout ce qu'il fallait, surtout pour le désherbage.



Après la lecture de son livre¹¹, nous avons compris que la planche plate n'est intéressante que si l'on a ce semoir, sinon elle ne sera pas performante. Quand on cultive sur une largeur infime, de l'ordre de la largeur d'une roue d'un gros tracteur, on arrive à faire douze rangs de légumes. C'est grâce à cette densité, dans le cadre d'associations, qu'on arrive à produire sur des surfaces infimes. On demande donc énormément au sol. Nous sommes ainsi devenus presque obsédés par lui : l'objet de tous nos soins, c'est ce sol qu'il faut nourrir et entretenir.

Eliot Coleman ne brevète rien, tout ce qu'il fait est à disposition. Mais il n'y a encore personne qui commercialise ses outils en France. Vous pouvez prendre tout ce que j'ai fait, dit-il, l'améliorer, car ce que j'ai fait, c'est pour la communauté. Nous dirions « un semoir open source ». Nous avons fait pareil pour la *campagnole* que nous avons inventée. Chacun en fait ce qu'il veut parce que nous estimons que, comme nous sommes praticiens, nous aurons toujours un pas d'avance sur les industriels qui eux ne pratiquent pas, car nous

¹¹ COLEMAN, E. (2013). *Des légumes en hiver – Produire en abondance, même sous la neige*, Arles : Acte Sud.

savons par la pratique quelles sont les améliorations à apporter. Nous en avons déjà fait, et nous avons confié sa production à quelqu'un qui se charge du développement, mais cela peut aussi être produit par des « FabLab ».

Nous avons trouvé également de nombreux outils inédits, très intéressants, comme des sécateurs venus du Japon. Ils sont forgés à la main sur une seule unité de fer. Ils sont excellents et ils durent à vie. C'est un nouveau rapport à l'outil qui doit être adapté à chacun, car nous faisons tout à la main. C'est une découverte physique et charnelle du métier manuel, c'est-à-dire que je peux être performante, je peux durer, à condition que je me connaisse bien en tant que corps, ma posture, ma façon de respirer... avec mes outils. Je suis vraiment consciente que cet outil qui est bon pour moi peut ne pas l'être pour quelqu'un d'autre. Je vois le sol. Je le travaille à la main. Je ne suis pas en haut dans une cabine avec mon GPS. C'est tout de suite là, je le vois. Et s'il y a un problème, je suis là.

La technicité de la permaculture

Ainsi, des problèmes techniques nous ont obligés à revoir notre façon de travailler. Comme notre système était atypique, en 2010, un peu par hasard, des scientifiques sont venus à la ferme. François Léger, d'AgroParisTech, qui dirigeait l'équipe SADAPT, me dit : « *Je m'intéresse aux systèmes atypiques. J'aimerais bien savoir si ça marche, votre bazar, sur le plan économique.* » Cela nous a intéressés, car nous n'avions pas une vision très claire de ce que nous faisons. On voyait qu'on sortait plus ou moins bien notre épingle du jeu, mais nous étions quand même deux sur l'exploitation. Ce n'était pas simple tous les jours. En même temps, nous avons pris conscience qu'avec la découverte de la permaculture en 2008, nous avions en main quelque chose de différent. L'étude a été engagée à la ferme. Cette rencontre avec le monde scientifique a été une étape importante pour nous. Cela n'a pas été simple au quotidien bien au contraire, mais on a quand même sabré le champagne à la fin. En effet, noter chaque jour tout ce qu'on fait, minute par minute le type de tâche effectuée, cela a été très impactant pour nous, mais aussi très riche d'enseignement. Nous devons noter exactement tout ce que chacun faisait, ce qu'on sortait précisément et en lien le chiffre d'affaires.

Très vite, ces études nous ont apporté une meilleure visibilité sur certaines planches, sur certaines buttes, sur certaines productions. Quand on a su que, là, on mettait une heure

pour préparer une planche et tout cela pour 40 € de chiffre d'affaires, la conclusion était simple : ce n'était pas à refaire. Cette culture-là, on ne la referait pas telle quelle l'année d'après. En revanche, nous avons repris toutes les cultures correctes économiquement et ce sur quoi on était performant sans prendre trop de temps, etc. Sur 1 000 m², selon des méthodes bio-intensives, à partir d'une synthèse de nombreuses techniques, nous arrivions à dégager l'équivalent d'un smic pour une personne. Nous ne parlons pas de salariat ici, mais d'un exploitant et nous avons réussi en quatre ans à prouver que c'était réel. Nous pensions, Charles et moi, arriver à un peu moins de 1 000 m² pour réellement réussir cette pratique intense et faire un chiffre d'affaires correct.

Pour nous, c'était à la fois la preuve et le point de départ que ce développement de micro-fermes, qui est quelque chose de connu – il s'agit de revenir à un maillage du territoire par de petites entités productrices de nourriture –, et c'est tout à fait possible. C'est même envisageable pour une population qui viendrait sans doute renouveler la population agricole, car cela s'adresse à des gens comme nous, non issus du milieu agricole. Nous n'avions pas cette formation. Aujourd'hui, nous conseillons fortement aux porteurs de projet de suivre une formation agricole. Cela nous paraît essentiel avec le recul, car ce sont souvent des personnes non issues du milieu agricole, venant d'horizons et de formations professionnelles très différentes, et chose importante pour moi, il y a beaucoup de femmes. Notre production n'a pas besoin de gros outils. Dès lors qu'on se connaît bien, ergonomiquement, et que l'on sait travailler avec les bons outils, la charge physique n'est pas impossible à surmonter. Cela laisse voir des possibles très intéressants. Et, cerise sur le gâteau, nous l'avons vu avec la création de la ferme. Cela crée une dynamique du territoire. Dans un village de 400 habitants qui n'a plus d'épicerie, les gens viennent chercher leur panier à la ferme et ils se parlent.

L'approche écosystémique

La permaculture, c'est un peu « la tarte à la crème » en ce moment, car malheureusement, c'est souvent mal compris. Ce n'est pas du tout une simple technique agricole, c'est un système conceptuel. J'organise mon exploitation pour être performante environnementalement bien sûr, mais aussi économiquement : c'est notre activité principale. Même si nous sommes idéalistes, notre but est aussi d'en vivre. Il faut

absolument en vivre ! Pour cela, il faut minimiser les charges, ce qui est en accord avec l'attente environnementale.

Le design permaculturel consiste à s'inspirer des écosystèmes dits naturels, c'est-à-dire non modifiés par l'homme, et d'essayer de les recréer au cœur de l'exploitation. L'objectif n'est de « faire joli », mais d'attirer les services écosystémiques grâce auxquels il est possible d'être encore plus performant que dans un système de production tout simple. Les principes de la permaculture doivent être repris dans plusieurs dimensions, car chaque élément remplit plusieurs fonctions et chaque fonction importante est remplie par plusieurs éléments, ce qui fait qu'il n'y a pas de rupture dans les cycles. On boucle ainsi les cycles. On n'est jamais pris au piège dans une problématique d'équilibre, car tous les cycles s'enchaînent. On a toujours un plan B, si je peux me permettre. Toutes ces photos ont été prises à la ferme. À l'origine, il n'y avait ni un arbre, ni une mare et, en quelques années, nous avons réussi à recréer un écosystème extrêmement riche.

Au-delà de la permaculture, qui est le grand cadre dans lequel on a placé la ferme, il a fallu travailler à chercher des techniques à droite à gauche et/ou à les inventer. Ces techniques n'avaient rien de nouveau, sinon la synthèse que nous en avons faite, car comme nous n'avions pas de formation, nous sommes allés chercher les informations de part et d'autre pour réaliser cette synthèse qui nous convenait, et qui peut ne pas convenir à tout le monde. Nous nous sommes appuyés sur des savoir-faire ancestraux, mais avec l'éclairage scientifique, notamment concernant les connaissances sur le sol, car c'est sans doute l'élément le plus important qui nous manquait : comprendre un sol qui est la base de toute la production. Vérifier qu'il est en bonne santé, riche en micro-organismes, invertébrés, etc. Les plantes qui vont croître n'ont pas besoin d'ajouts par au-dessus. Je l'ai déjà souligné, mais c'est tellement important : nous avons une sorte d'obsession pour notre sol et nous le tenons toujours couvert. L'historique très important fut le maraîchage en région parisienne, y compris en grande couronne parisienne. Les maraîchers parisiens avaient une technicité incroyable et parvenaient à faire jusqu'à huit rotations par an. Bien sûr, le contexte n'était pas le même. Ils avaient autant de fumier que nécessaire, pas de réglementation dessus, de la main-d'œuvre pas chère – on ne comptait pas les heures. Le travail était titanesque..., mais c'était aussi une technicité hors pair. Il nous a fallu du temps pour arriver à avoir huit rotations de cultures par an sur certaines planches. Ce n'est pas évident !

Deux aspects sont essentiels : les itinéraires culturels et les associations. Il faut produire intensément et en continu. Comme tout est très intense, les rotations sont certes importantes, mais les associations ajoutent de la valeur. Comme nous n'avions pas la capacité à avoir de la main-d'œuvre, il fallait non seulement des itinéraires adaptés mais aussi des outils. C'est Eliot Coleman, cet américain fasciné par ces maraîchers parisiens, qui a adapté leurs techniques. Il a écrit un livre pour décrire les types d'outils nécessaires sur ces petites surfaces. Il a fallu aller rechercher son expertise aux États-Unis parce qu'en France, on ne trouvait quasiment plus rien. Suite à notre rencontre, son livre a été republié, car on ne le trouvait plus.

Quelques mots-clés de notre système : ce semoir six rangs tout petit mais qui détermine tout sur l'exploitation ; la taille des planches plates, leur longueur ; le type d'associations qu'il va être possible de réaliser et la densité de semi. Par exemple sur une planche, on aura une association assez typique, carotte – radis, semée avec notre semoir, au milieu desquels on va pouvoir planter des salades selon un cycle court. Sur le côté, on aura des oignons, de l'échalote ou de l'ail, en fonction des saisons et on peut au fur et à mesure que chaque récolte est effectuée, remettre en culture d'autres végétaux. C'est cette densité-là qui fait qu'on a des chiffres absolument aberrants pour la profession, que beaucoup ont contestés au départ, tellement cela leur paraissait incroyable, mais il n'y a pas d'autre secret.

La culture sur butte est aussi une technique qu'on est allé rechercher et qui nous a paru très intéressante, car nous n'avions pas de sol, tout juste 20 cm, et moins dans certains endroits. Ce qui nous intéressait, c'était de reconstituer le sol pour avoir des cultures en bonne santé afin de produire beaucoup et régulièrement, car la difficulté sur des petites surfaces, ce n'est pas de produire, mais de produire du volume de façon suivie pour les gens qui veulent avoir leurs légumes. On travaille à la main et ce sont ces techniques qui déterminent les outils que l'on va utiliser : semoir, brouette, etc. Il faut une attention soutenue à l'ergonomie. Nous nous sommes inspirés des outils déjà inventés dans le passé, par des gens qui travaillaient manuellement. L'observation est un atout clé de la façon dont on pratique. Il existe de nombreux outils dont l'usage est oublié aujourd'hui. Par exemple, les outils que l'on trouve en jardinerie, aujourd'hui, ne sont pas pensés pour faciliter le geste ou la résistance physique lors d'un travail long. Si je travaille avec ces outils, ne serait-ce qu'une heure, j'aurais une tendinite. Je ne peux pas manier ces outils-là. On va rechercher l'intelligence

qu'il y a derrière ces outils, et on va les repenser avec des matériaux plus légers, plus ergonomiques. Voilà un hache-paille d'usage simple qui remplace un broyeur derrière un tracteur : et c'est suffisant pour hacher la matière, tout en étant très simple, en l'utilisant aussi pour du paillage. Nous sommes dans un système très gourmand en matière organique. Les premières années, nous courrions après le paillage. Nous disposions notamment de très peu de production utilisable comme paillage.

À cause du paillage notamment, nous avons eu les premières années des invasions de limaces, de campagnols, etc., car nous avons déséquilibré l'écosystème d'origine et nous offrons aux ravageurs le gîte et le couvert...

Aujourd'hui, nous avons bien compris cette posture, cette intelligence qu'avaient les anciens quand ils observaient. On a une récolteuse à mesclun qui est montée sur une perceuse qui sert de moteur, une petite lame en scie derrière. Les rouleaux tournent constamment. On avance, on coupe le mesclun et cela l'emmène dans un panier. C'est très « low-tech », mais d'une efficacité redoutable. Il en a été de même pour le micro-tilleur, une toute petite fraise qui travaille juste la surface, avant le semis, sans faire de dégât au niveau de la faune et sans retournement du sol. Ces innovations techniques – un petit semoir de quatre rangs, des petites binettes spécifiques –, sont des réalisations très simples qui nous font gagner beaucoup de temps tout en étant très ergonomiques.

Voilà la *campagnole* que nous avons inventée pour faire différentes activités sur les planches : dégager les résidus de la production précédente, désherber, préparer la surface du sol en cas de croûte de battance, rendre la terre très fine en surface et passer l'équivalent d'un rouleau pour le lit de semences afin d'avoir une grande homogénéité. Avec un seul outil, on fait les cinq actions. On a divisé par quatre le temps passé à préparer une planche.



car le maraîchage est l'activité la plus demandeuse en ressources venues du sol, la base productrice. Nous expérimentons aussi

l'agroforesterie grâce à notre verger maraîcher, en nous appuyant sur les travaux de l'INRA de Montpellier.

Conclusion

Nous constatons une augmentation, petit à petit, de la « résilience » de l'exploitation. Les deux performances, économiques et techniques, augmentent, surtout en cas d'événements météo drastiques comme cette dernière année. Malgré la sécheresse, l'ensemble tient et produit quand même. On sent le choc. C'est plus compliqué, mais ça tient. Cela a permis de ne pas alimenter les cultures en eau. Dans notre objectif de durabilité, l'approche systémique est indéniablement en accord avec les questions énergétiques et avec la robustesse face à des imprévus climatiques.

Même si nous n'avons pas de machine, l'approche technique est omniprésente et doit respecter le sol, les plantes et être conforme aux exigences ergonomiques de santé au travail. C'est une approche intellectuelle, globale, qui tient compte des trois piliers du développement durable. Nous avons réussi à être performants sur les plans techniques, économiques et aussi environnementaux. Nous avons même transformé une terre peu fertile en une ferme productive. De plus, cela a également entraîné un développement social dans le cadre de notre village, sans épicerie. La ferme devient un lieu de rencontre.

Nous sommes en train de rédiger un manuel technique rassemblant et présentant cette synthèse à partir de notre expérience et de tout ce que nous avons appris et récupéré en provenance de nombreuses sources. En effet, il est apparu qu'il serait très difficile de réaliser la dissémination de cette approche sans document de soutien. Dès lors qu'il n'y a ni référence technique ni économique, c'est compliqué de vouloir la répandre et la promouvoir. Une formation à la permaculture demande une conceptualisation importante et aussi des documents techniques, méthodologiques et économiques. Nous sommes en train de rédiger un manuel qui fera 800 pages. Il sera la synthèse de tout ce que nous avons découvert, redécouvert, inventé et intégré.

Quelques tendances de l'innovation des firmes de l'agro-machinisme

Fatma FOURATI-JAMOUSSI¹²

Introduction

Nous nous sommes appuyés sur une enquête réalisée par l'IRSTEA en 2014 auprès des agro-équipementiers et nous avons retenu la question posée sur les moteurs de l'innovation. Les constructeurs ont estimé que leurs principales priorités d'innovation portent sur la prise en compte des demandes des clients ainsi que la possibilité de distinguer leur offre de celles proposées par leurs concurrents. Parmi les priorités, la réduction des coûts de production et le développement à l'export figurent respectivement au troisième et quatrième rang. Les principaux freins à l'innovation sont le manque de temps, de ressources humaines et le coût important en recherche et développement. La situation des agro-équipementiers a des points communs avec celle des industriels en B to B, dont les unités de vente sont des décisions d'investissement pour leurs clients (machines-outils et outils de production, matériel de transport, etc.). Les clients directs sont relativement peu nombreux. Chaque vente correspond à un montant important. Le tempo du renouvellement est suffisamment long (de l'ordre de dix ans) et la concurrence est importante. Cela peut favoriser des cycles d'innovation. Nous notons que la faible densité des clients et le renouvellement du parc matériel des agriculteurs tous les dix ans peuvent favoriser l'innovation dans les firmes de l'agro-machinisme.

Dans le cadre de la chaire Agro-machinisme et Nouvelles Technologies à UniLaSalle, l'agriculteur n'est pas considéré comme un simple utilisateur final des agro-équipements, car il est aussi un acteur de l'innovation. Il s'agit de l'accompagner dans le développement des outils spécifiques dont il a besoin au sein d'une structure de type FabLab agricole, nommée AgriLab. Les agriculteurs-innovateurs pourront peser sur les choix stratégiques des industriels, en leur indiquant, par leurs actes, les évolutions techniques qu'ils souhaitent. Il est important qu'ils soient aidés pour mener à terme le projet technique envisagé. Parallèlement, cela consolide une structure pérenne favorisant l'innovation, laquelle ne sera

¹² Avec l'aide et les conseils de Davide Rizzo (Chaire Agro-Machinisme et Nouvelles Technologies, unité de recherche INTERACT) et Andrii Yatskul (Chaire Agro-Machinisme et Nouvelles Technologies).

plus strictement de nature top-down, mais en dialogue permanent entre les porteurs de projet, les chercheurs-développeurs de l'AgriLab, les enseignants-chercheurs et les étudiants.

L'objectif de ce chapitre est de déterminer les tendances de l'innovation des firmes de l'agro-machinisme. Pour y répondre, nous avons mis en place un système de veille informationnelle et technologique en équipe. Dans un premier temps, nous présenterons une typologie des acteurs industriels et des innovations. Puis, nous résumerons les tendances économiques en nous basant sur des études réalisées par Xerfi (2016a)¹³. Dans un troisième temps, nous présenterons les résultats d'une « veille brevets » qui fournit des indications sur les tendances technologiques et les acteurs impliqués. Nous concluons ce chapitre à partir d'un questionnement sur l'évolution de ce secteur d'activité ainsi que le sens et la pertinence d'une approche par les brevets.

La typologie des acteurs agro-équipementiers et des innovations

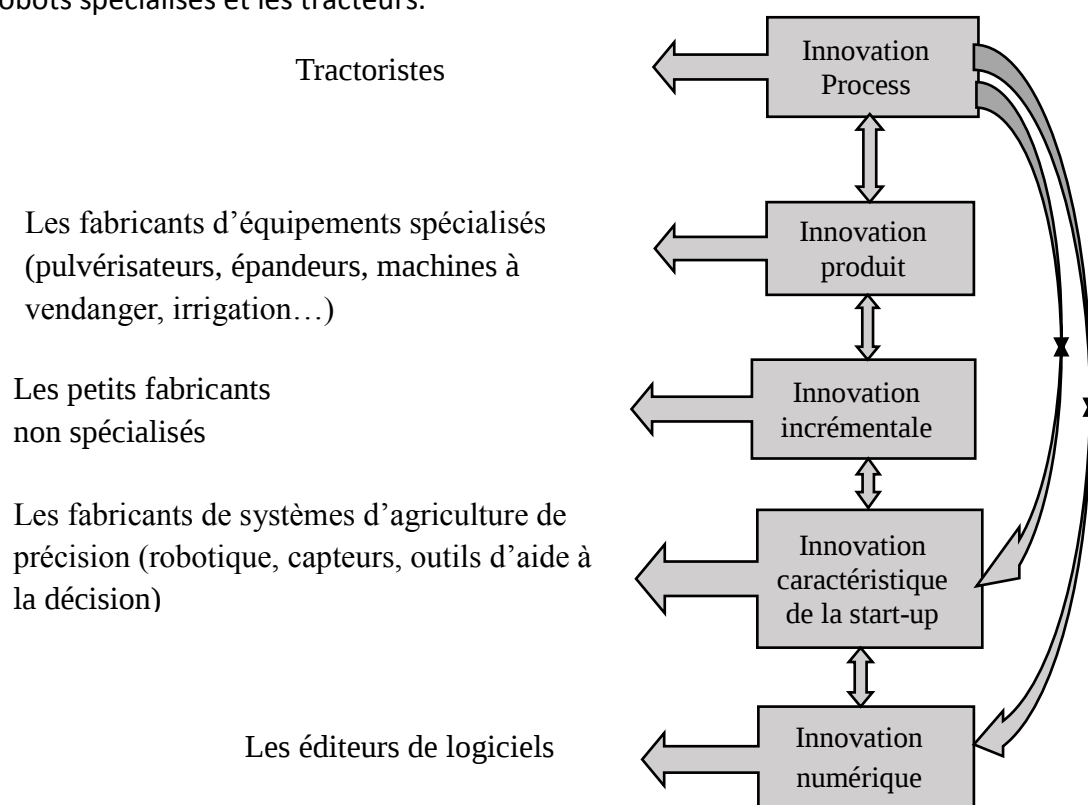
Cinq catégories d'agro-équipementiers sont regroupées en se basant sur le rapport de l'IRSTEA (2014). Nous avons identifié un type d'innovation préférentiel par catégorie d'agro-équipementiers. Le manuel d'Oslo définit quatre types d'innovation : i) l'innovation de procédé ; ii) l'innovation de produit ; iii) l'innovation de commercialisation ; iv) l'innovation d'organisation. Ces innovations interagissent entre elles du fait des changements ou des progrès significatifs dans les techniques, le matériel agricole, les logiciels intégrés, les outils d'aide à la décision, la conception, la tarification, les relations extérieures entre les firmes, etc. Dans ce chapitre, nous adoptons une approche plus empirique et adaptée au domaine agricole.

On peut catégoriser approximativement les différents équipementiers en fonction des domaines d'innovation dans lesquels ils dominent. Les tractoristes se positionnent majoritairement dans l'innovation de procédé. Le produit final, le tracteur, fait très peu l'objet d'innovation. En revanche, son fonctionnement évolue sans cesse et de manière incrémentale. Quant aux fabricants d'équipements spécialisés, ils se positionnent sur des innovations de produit en s'adaptant aux besoins d'usage, et ils ont atteint une taille

¹³ Xerfi est une entreprise spécialisée en études sectorielles, études de groupes, profils d'entreprises. Elle a réalisé une étude sur les coopératives agricoles le 29 juin 2016.

nationale, voire internationale. Chez les petits fabricants de matériels non ou peu spécialisés, on recense le plus d'innovations incrémentales liées à des approches transductives d'élargissement de marché ou d'adaptation à des demandes locales. Les fabricants de matériels d'agriculture de précision se situent dans les trois groupes d'acteurs industriels précédents. Mais c'est la première cible des start-up. Elles sont surreprésentées dans ce domaine et proposent des solutions spécifiques s'appuyant sur le numérique (WEENAT, SENCROP, KARNOTT, NAÏO, etc.). Les start-up sont aussi fortement représentées dans les innovations commerciales et d'organisation grâce au numérique et aux réseaux. Historiquement en France, quelques éditeurs de logiciels se sont imposés en agriculture, comme Isagri et Smag. Cependant, ils encourent le risque d'être concurrencés par les start-up qui développent une approche délibérément intégrée au réseau via les outils du numérique (innovation d'organisation).

Cette classification relève d'une logique floue avec de multiples interactions. Toutefois, il est peu probable, par exemple, que les fabricants de tracteurs se positionnent dans tous les secteurs de l'agriculture de précision, et encore moins dans le développement de logiciels. John Deere est un contre-exemple d'une stratégie originale. Il se positionne dans presque tous les domaines et demeure le leader. CNH se situe dans une situation proche. Cependant, ces grands groupes pourront difficilement se positionner sur des petits marchés spécialisés, et le marché du logiciel peut leur échapper. L'inconnue ici est la confrontation possible entre les robots spécialisés et les tracteurs.



Les grandes tendances économiques en agriculture

Les tendances économiques diffèrent d'un continent à un autre, selon le niveau économique, la densité de population et les facteurs culturels. Nous pouvons résumer une étude Xerfi (2016b) suivant trois tendances dépendantes de trois niveaux d'échelle différents de la France au niveau mondial :

- En France, nous observons une baisse d'investissements des exploitations agricoles et des CUMA¹⁴ liée à la chute du revenu agricole. Le marché de l'occasion et la location/mutualisation expliquent cette baisse des ventes de matériels neufs. La mutualisation des équipements semble être une tendance lourde. En revanche, la demande étrangère est croissante et fait suite à la mécanisation des pays émergents.

En Europe, la demande se concentre sur des équipements sophistiqués. Globalement, les rendements et la productivité sont importants, mais les surfaces moyennes des exploitations agricoles sont faibles (16 hectares). Toutefois, une très forte hétérogénéité s'observe puisque six États membres déclarent une surface moyenne inférieure à 10 hectares, dont un, inférieure à 5 hectares. En comparaison, la surface moyenne en France est de 60 hectares. Cela a une incidence sur la population d'agriculteurs. Par exemple, la Roumanie a 3,6 millions d'agriculteurs et la Pologne 1,4 million. Les pays à démographie agricole élevée ne sont pas ceux qui ont un haut niveau de production. Le niveau global des subventions y est considéré par l'étude Xerfi comme élevé. On peut considérer que, sur une longue période (dans les quinze à vingt ans à venir), il est possible que cette hétérogénéité s'affaiblisse.

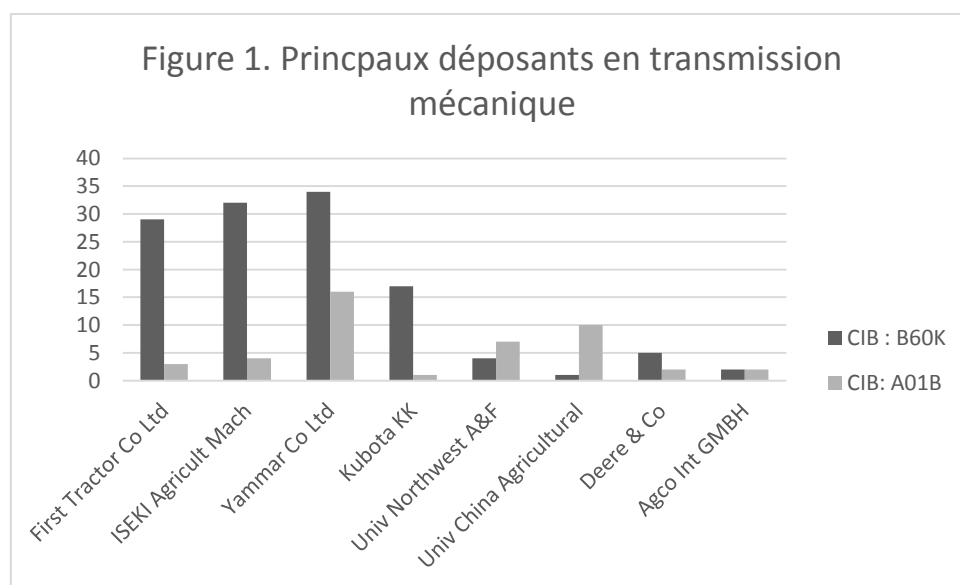
Au niveau mondial, on observe le développement du marché lié à l'agriculture de précision dans le cadre d'une prise en compte de l'environnement. Les investissements s'accroissent et les consommations d'énergie des agro-équipements diminuent durablement. Nous remarquons que ces tendances sont plus visibles et plus évaluables à l'échelle mondiale. Au-delà des spécificités nationales ou continentales, deux tendances lourdes apparaissent :

¹⁴ Données de la Fédération nationale des Coopératives d'Utilisation de Matériel Agricole (CUMA).

Tendances technologiques

Le développement et la présence croissants et rapides des TIC dans le monde agricole sont une tendance majeure. La « veille brevets » nous permet à la fois de mesurer la dynamique des innovations techniques, la concurrence entre déposants tout en traçant l'évolution de ces inventions.

Nous avons mené deux veilles : la première a porté sur les tracteurs et la seconde sur les robots agricoles (fruits et légumes, vignes). Nous avons utilisé PatentPulse, une plate-forme de « veille brevets » à destination des PME, comme outil. Nous avons utilisé le mot-clé « Tractor » et le filtre « Mechanical transmission », appliqués aux 10 696 familles de brevets dans lesquels on trouve de nombreux acteurs privés et publics, sans oublier les universités. Nous avons comparé les groupes en choisissant deux classifications internationales de brevets à savoir le « B60K » qui désigne la transmission de prise de force du tracteur ainsi que le lien entre le moteur et l'embrayage ; et le « A01B » qui désigne les tracteurs, machines ou outils agricoles (machines tirées ou poussées par un tracteur, machines montées sur tracteurs, etc.).



Nous avons identifié les acteurs les plus connus (figure 1) afin de les comparer par rapport au nombre de brevets déposés ces six dernières années. Les groupes japonais sont en tête suivis par Deere and CO et plus loin AGCO.

D'après l'étude IRSTEA, pour faire face à la concurrence, les grandes firmes de l'agro-machinisme adoptent des stratégies telles que :

- L'amélioration des lignes de produits (positionnement sur des marchés de niche) ;
- La diversification ;
- L'expansion à l'international ;
- La différenciation par l'innovation des produits et des services en rapport avec l'agriculture de précision (solutions dites lot « *Internet of things* ») ;
- L'orientation vers l'agriculture de précision (production raisonnée).

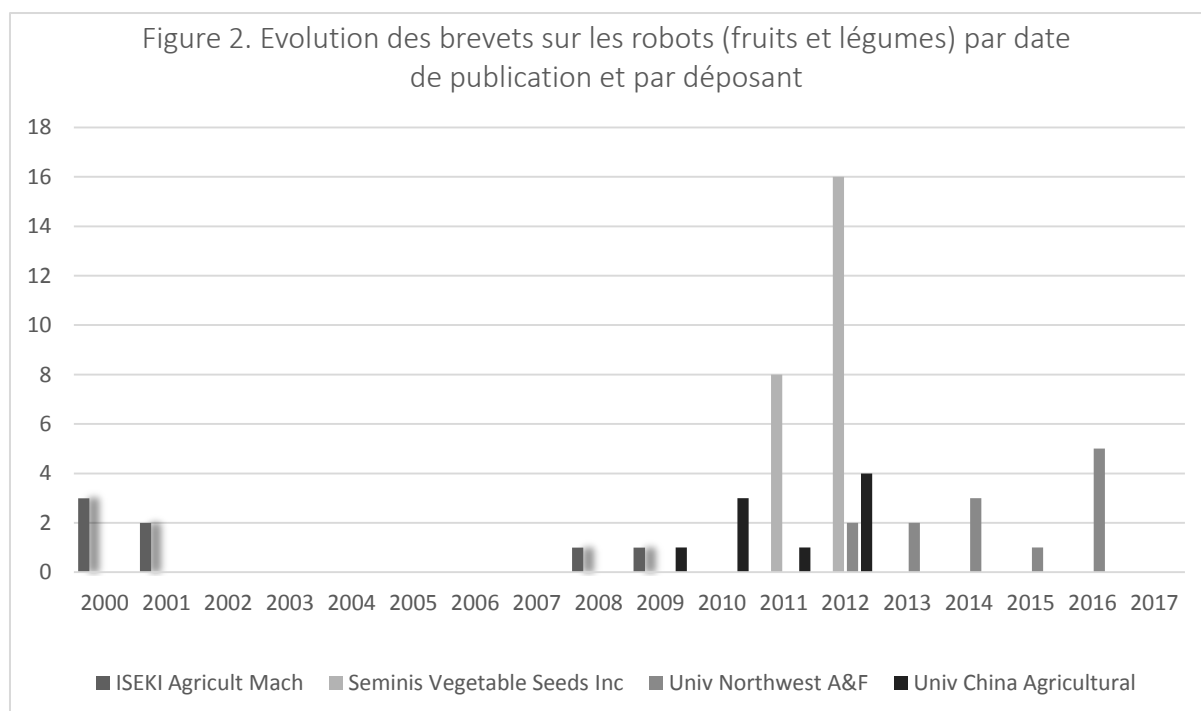
L'expansion à l'international est la contrepartie d'une nécessité de diversification et de différenciation directement liée à l'agriculture de précision qui demande une adaptation locale, afin de garder des productions de série suffisantes.

Pour mieux comprendre l'évolution de l'agriculture de précision, nous l'avons résumée ci-après depuis les années 1980.

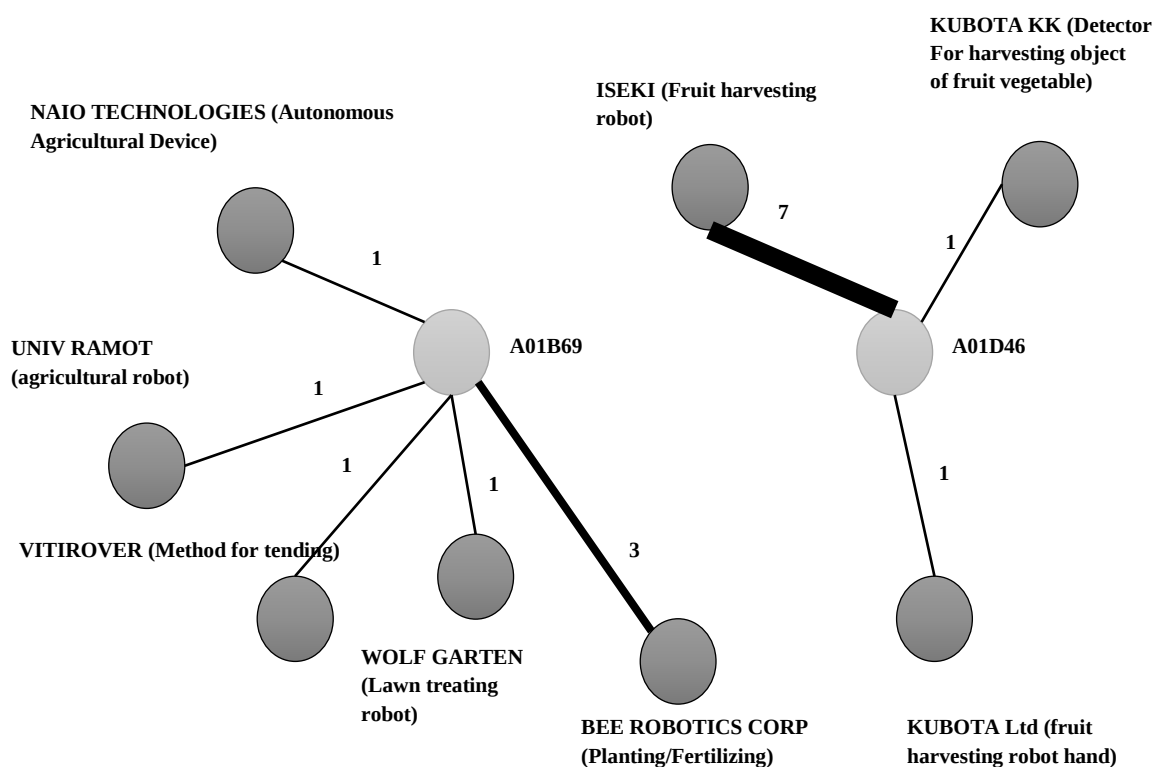
Il est assez difficile de déterminer la date exacte d'une invention, car les innovations se développent à partir de l'adoption de technologies existantes dans d'autres domaines. En effet, l'agriculture est le dernier secteur productif investi par les TIC/NTIC en raison des faibles marges du domaine agricole. Il faut également tenir compte de l'amélioration de ces technologies en évolution permanente et visible tardivement lorsqu'elles sont, enfin, adoptées massivement. Néanmoins, le tableau ci-après pointe une évolution cohérente, depuis la géolocalisation et la modulation des traitements, à la récolte des informations agronomiques et le début d'une véritable agriculture de précision. Cela conduit à traiter des flux de données croissants qui pourraient permettre d'optimiser la production agricole à l'échelle globale. Tout cela s'accompagne de l'évolution mécanique des outils agricoles.

1980-1990	1991-2000	2001-2010	2010 à aujourd'hui
Système de géolocalisation par satellite (GPS)	Cartographie	Systèmes de guidage	Systèmes d'acquisition, de mutualisation, de mutualisation, d'intégration et de valorisation des données (Big Data)
Épandage modulable des engrais	SIG	Agriculture à circulation raisonnée (Controlled traffic farming)	Outils d'aide à la décision (OAD)
Système de monitoring de la récolte	Systèmes d'analyse d'images	RTK (Autoguidage)	Machines agricoles modulables
Application des intrants modulable et couplée au GPS	Capteurs : récolte, sol, climat, végétaux	Analyse d'images	L'intelligence artificielle
	Maîtrise des variabilités du milieu	Logiciels de gestion de la production agricole	Apprentissage automatique
	Popularisation de l'agriculture de précision	Débit proportionnel à l'avancement (Variable-rate application [VRA])	Systèmes d'élevage robotisés

La « veille brevets » sur les fruits et les légumes montre, ces dernières années, la concentration des universités chinoises déposantes en robotique et l'apparition de Seminis (Monsanto) dans la robotique contre les adventices en 2011-2012 (figure 2). Nous avons utilisé la combinaison des critères de recherche : « Vegetable robot » et la Classification internationale « A01D46 ».



Pour avoir une meilleure visibilité du nombre de brevets déposés sur les fruits et les légumes, nous avons exploité ces données sous forme de réseaux afin de comparer les grands groupes et les start-up.



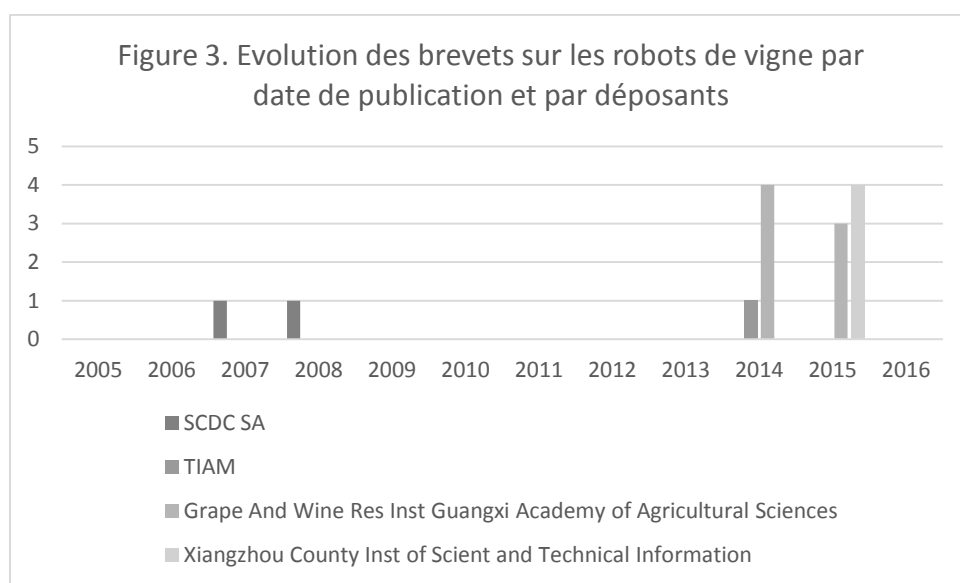
Chez Kubota Ltd, on peut observer une évolution des machines de récolte vers les robots de récolte, et ce, dès la fin des années 1980.

Depuis la fin des années 1990-2001, Iseki, spécialiste d'équipements de petite taille, a déposé des brevets sur les robots de végétation, puis en 2008-2009 pour l'amélioration de ses robots et l'endommagement des fruits par technologie de traitement d'image.

Wolf Garten est un fabricant et vendeur d'outils de jardin. En 2009, il dépose un brevet sur le procédé d'analyse de la surface du sol, et un robot d'entretien des pelouses pour mettre en œuvre le procédé.

Bee Robotics Corp a déposé trois brevets (un en 2014 et deux en 2016). Cette entreprise développe via ses inventions une agriculture automatisée (avec une haute précision) et des robots agricoles aériens pour l'épandage, la plantation et la fertilisation.

Une dernière « veille brevets » a porté sur les robots de vignes. Les critères de recherche utilisés sont : « Wine robot » et la Classification internationale « A01G17 ». Nous constatons une croissance des dépôts de brevets ces dernières années. Tiam a déposé un brevet français sur un robot de taille de vignes disposant de moyens de captation d'images et de projection d'un faisceau laser (figure 3). Les autres brevets sont déposés par des institutions de recherche.



Conclusion

Cet exposé des tendances de l'innovation des firmes de l'agro-machinisme permet quelques remarques. Le nombre de brevets déposés est très faible, comparé au nombre de brevets déposés dans le monde chaque année (2,9 millions, dont le tiers est international). De plus, de nombreuses innovations en agro-machinisme n'ont pas donné lieu à un dépôt de brevet. Dans ce cas, la « veille brevets » est-elle suffisante pour décrire l'évolution agrotechnique ? Elle offre des indications, mais elle apparaît non suffisante pour appréhender les innovations agro-machiniques.

La concentration des agro-équipementiers se poursuit par des achats/acquisitions (récemment John Deere avec Auteq et Monosem ; AGCO avec Santal...). Cette concentration ne signifie pas que ces industriels seront capables de répondre à des demandes qui exigeront la construction de modèles économiques différents, et peut-être de nombreuses nouvelles gammes de produits spécialisés. Personne n'ose prédire s'il y aura complémentarité ou concurrence entre robots et tracteurs, et surtout quel rôle va jouer la transformation agro-écologique dans cette évolution.

Il serait intéressant de pouvoir répondre à la question des modalités de développement des start-up dans la robotique agricole (vigne, arbres fruitiers, maraîchage, etc.). En particulier, quels sont les nouveaux modèles économiques possibles dans ce secteur ? Ces nouveaux équipementiers tomberont-ils dans l'escarcelle des grands groupes ?

Et dernière question, qui est au cœur de cette journée, quel rôle l'utilisateur-innovateur (l'agriculteur) va-t-il occuper dans le marché de l'équipement agricole ? Il se situe moins dans un contexte de brevet, et plus souvent dans celui de l'« open innovation ». Nous l'avons entendu durant cette journée. Il faut donc trouver d'autres méthodes que celles fondées uniquement sur les brevets pour évaluer son impact.

Références bibliographiques

- ARVALIS. (2015). *Agriculture de précision. Positionnement GPS, Gestion intraparcellaire, Évaluation des performances*, Arvalis, 104 p.
- BOURNIGAL, J.-M. (2014). *Définir ensemble le futur du secteur des agro-équipements*, Rapport de la mission agro-équipements au ministre de l'Agriculture, de l'Agro-alimentaire et de la Forêt, au ministre de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, à la secrétaire d'État à l'Enseignement supérieur et à la Recherche, IRSTEA, 150 p.

- CAROLAN, M. (2016). *Publicising Food: Big Data, Precision Agriculture, and Co-Experimental Techniques of Addition*, *Sociologia Ruralis*.
- <http://agriculture.gouv.fr/ministere/definir-ensemble-le-futur-du-secteur-des-agroequipements>.
- http://www.precisionagriculture.com.au/assets/Precision%20Ag-brochure_FINAL_Low%20res.pdf.
- MCBRATNEY, A., WHELAN, B., ANCEV, T., & BOUMA, J. (2005). Future directions of precision agriculture, *Precision agriculture*, 6(1), 7-23.
- SCHRIJVER, R. (2016). Precision agriculture and the future of farming in Europe, *Scientific Foresight Study*, PE 581.892.
- XERFI. (2016a). *Agricultural Equipment Groups – World, Market Analysis – 2016-2021 Trends – Corporate Strategies*.
- XERFI. (2016b). *La fabrication du matériel agricole*.
- YAKUSHEV, V.V. (2016). *Agriculture de précision : théorie et pratique*. (Якушев В. В. ТОЧНОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА [en russe]) – СПб.: ФГБНУ АФИ, 364.
- ZHANG, N., WANG, M., & WANG, N. (2002). Precision agriculture – a worldwide review. *Computers & Electronics, Agriculture*, 36, 113-132.

Entreprises de l'agro-machinisme et agriculteurs dans la diffusion de l'innovation : sujétion, association, autonomie ?

Delphine CAROUX

Introduction

L'étude des processus d'innovation en agriculture a fait l'objet de nombreuses recherches en sociologie (Jollivet, 1957 ; Mendras, 1967 ; Darre, 1996 ; Goulet, 2008 ; Zelem, 2008) et fut l'un des sujets d'étude favoris dans un contexte de transformation de l'agriculture au milieu du xx^e siècle.

La mécanisation et la motorisation figurent parmi les grands enjeux de l'époque. Ainsi, la diffusion du tracteur a notamment retenu l'attention des sociologues (Bodiguel, 1975) et sonne le développement du machinisme agricole. Il peut être défini comme l'ensemble des machines, des outils et des techniques associées, utilisé en agriculture, et par extension des doctrines politiques, idéologiques, économiques et industrielles sur lesquelles son processus de diffusion et son utilisation reposent (Mazoyer, & Roudart, 2002).

Dans ce chapitre, nous nous intéressons au processus de diffusion de l'innovation en agriculture à partir de la relation qui se tisse entre les firmes de l'agro-machinisme et les agriculteurs. Plus précisément, il s'agit de se poser la question de l'accompagnement des agriculteurs à l'innovation, mais aussi des nouvelles modalités d'expression de l'innovation en agriculture, des innovations qu'on peut qualifier d'ascendantes, car construites par et pour les agriculteurs. Nous pourrions nous interroger sur le gain réel ou idéalisé en termes d'autonomie des agriculteurs vis-à-vis des firmes et du profil de ces agriculteurs qualifiés d'innovants.

- D'hier à aujourd'hui, quelles spécificités recouvrent l'accompagnement des agriculteurs à l'innovation, et notamment en matière d'agro-machinisme ?
- De la diffusion des premiers tracteurs en France au changement des pratiques culturales, quelle est la nature des relations entre firmes et agriculteurs ?
- Quelle « autonomie » dans l'innovation les agriculteurs acquièrent-ils ? Avec quelle limite ?

- Quel est le « profil » de ces agriculteurs dits « innovants » ?

Pour répondre à l'ensemble de ces problématiques, nous nous sommes replongés dans la littérature historique et sociologique pour mieux comprendre comment cette modernisation de l'agriculture est apparue – du cheval au tracteur –, appuyée par l'analyse des interviews vidéo et de nos travaux de recherche en sociologie de l'entrepreneuriat agricole.

Dans un premier temps, nous proposons une socio-histoire de la modernisation de l'agriculture et sa progressive mécanisation. Puis dans un second temps, nous analyserons les tendances nouvelles qui s'observent en matière de diffusion des innovations en agriculture. Nous mettrons ainsi en évidence l'émergence d'innovations ascendantes.

I. Modernisation et diffusion du progrès en agriculture

Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, la société française est confrontée aux débats sur la modernisation des appareils de production, dont l'agriculture. L'étude de la diffusion du progrès occupe dès lors une place importante dans les travaux en sociologie rurale. Il s'agit de comprendre les logiques qui guident cette modernisation, et ses conséquences, le déclin de la paysannerie comme mode de vie et civilisation (Mendras, 1967).

1. Contexte et acteurs de modernisation

La modernisation et la mécanisation de l'agriculture prennent leurs racines dans un contexte spécifique et double. Premièrement, le contexte historique est marqué par la sortie de la guerre 1939-1945 et les quarante années de catastrophes précédentes. Le monde rural est épuisé par les conflits qui ont généré une stagnation de la production, de la productivité et un manque d'investissement. Ainsi, l'agriculture reste à cette époque essentiellement vivrière, au cœur de campagnes « paysannes ».

Un contexte politique particulier contribue également à cette situation inédite. La France est marquée par l'agrarisme. Cette politique agricole protectionniste conduit à une faible transformation des structures agricoles. La structure démographique française reste terrienne, à la sortie de guerre. 43,5 % de la population française est rurale et 36,4 % de la population active est agricole. Cette population rurale nombreuse permet de préserver ce système social et politique (Deleage, 2013).

Ainsi, à la fin de la Seconde Guerre mondiale, l'utilisation de machines tractées par la force animale reste prédominante.



Source : Archives, Société centrale de l'Aveyron.

Agriculture paysanne, usage de la traction animale et mobilisation des femmes aux champs

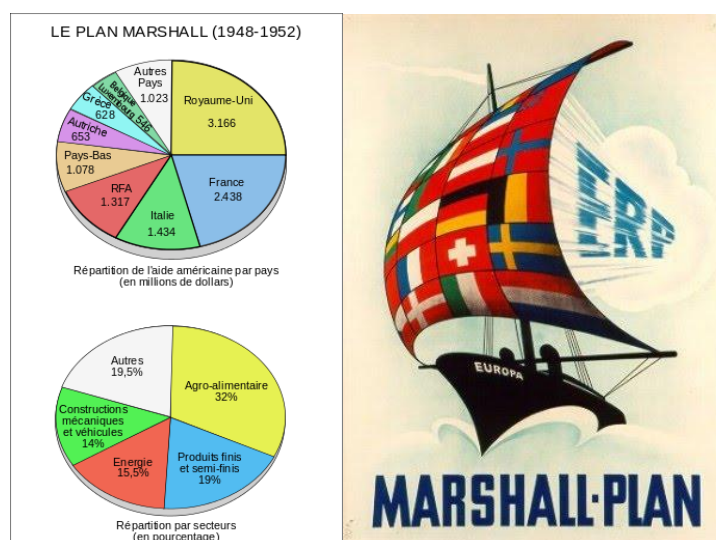
À la Libération, le pays sort du conflit épuisé : toutes les structures économiques et sociales sont à reconstruire pour permettre de retrouver une croissance. Les structures agricoles sont particulièrement touchées : plus de 200 000 exploitations agricoles sont sinistrées, l'appareil productif est abîmé et la disette guette le pays. Parallèlement, cette situation économique fait écho à une situation politique particulière. L'image du paysan est associée à celle du Maréchal Pétain : tout concourt à légitimer le syndicalisme modernisateur qui propose de rompre avec ce passé et de transformer le paysan en un agriculteur moderne et intégré à la société industrielle. Pour cela, deux principaux acteurs sociaux vont s'accorder pour redresser l'économie par l'industrialisation, la modernisation de l'agriculture et sa rationalisation technoscientifique pour faire du paysan « un être doué de raison » (Deleage, 2013).

Parmi ces acteurs, le Conseil national des jeunes agriculteurs (CNJA) et la Jeunesse agricole catholique (JAC) vont s'impliquer dans l'élaboration de la nouvelle politique agricole sous un mode « planiste ». La modernisation de l'agriculture suppose une rupture avec l'ordre traditionnel des champs pour construire une société de croissance. La diffusion du progrès technique fait figure de nécessité pour élaborer une politique agricole et suppose également de promouvoir auprès des paysans de nouvelles conceptions de l'investissement et de l'épargne.



« *Investir c'est préparer l'avenir* » Réunion du CNJA – Source : Histoire de la France rurale (tome 4)

La construction de cette agriculture nouvelle va s'élaborer à partir d'un ensemble de plans et de lois d'orientation qui vont accélérer cette motorisation et cette modernisation de l'agriculture. Le plan Monnet va permettre de déployer un effort productif pour retrouver un niveau de production d'avant-guerre par le recours massif à l'outillage, aux techniques modernes (développement du machinisme agricole, etc.) soutenu par la création de l'INRA en 1946. Puis, les lois d'orientation de 1960-1962 conduisent à une « révolution silencieuse » (Debatisse, 1963) de l'agriculture. Mais c'est véritablement l'ouverture sur les échanges internationaux et l'aide américaine via le plan Marshall, dont la France va largement bénéficier, qui va l'engager sur la voie de la modernisation et l'initier au passage de la traction animale à la traction mécanique. En effet, cette aide économique devient également un outil de propagande des mérites de la traction mécanique (Duby, & Wallon, 1976).

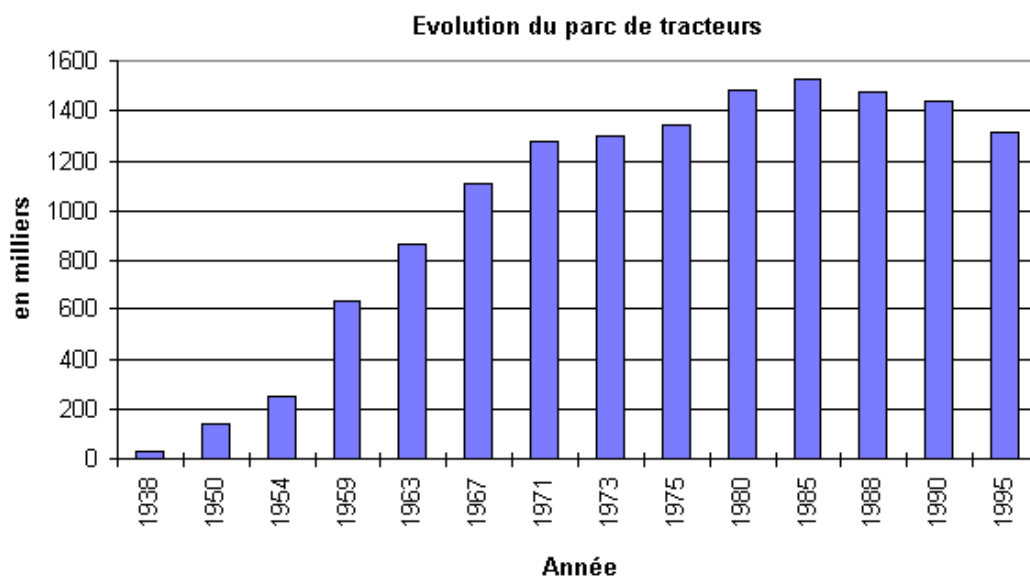


2. Diffusion verticale des innovations : révolution technique et imaginaire du progrès par la machine

Suite à l'aide américaine, le cheval, animal bien aimé dans les fermes et symbole de la sécurité du travail au champ, va disparaître en tant que force de travail. Le tracteur entre progressivement dans les fermes et devient la « machine emblématique de l'agriculteur » (Bodiguel, 1975).

Quelques repères nous donnent une idée de la progression de la motorisation. On dénombrait 107 000 tracteurs en 1948 et plus de 1 500 000 en 1988. Alors qu'il n'y avait aucune moissonneuse en 1948, elles sont 150 000 dans les fermes en 1988. En 1956, 400 000 tracteurs ont remplacé les chevaux et près de 48 000 tracteurs seront importés entre 1948 et 1950 avant que ne s'implantent en France les usines Massey Ferguson à Saint-Denis (DUBY, WALLON, 1976).

Aujourd'hui, suivant l'enquête « Structures » réalisée par Agreste en 2016, on assiste à une diminution du nombre de tracteurs en propriété dans les exploitations. Neuf exploitations agricoles sur dix restent propriétaires d'au moins un tracteur, pour un parc total d'environ un million de machines. Cette baisse s'explique à la fois par la démographie agricole et la baisse du nombre d'exploitations, l'augmentation de la puissance des machines, le recours à la prestation de service et à la mise en commun (Agreste, 2016).



Source : Agreste

Durant cette période de transformation et de modernisation de l'agriculture, on distingue trois types d'innovations en progression dans les fermes françaises qui correspondent à une première phase de mécanisation. De nouveaux moyens de production se développent par la motorisation (moteurs à explosion ou électriques, tracteurs et engins automoteurs), la grande mécanisation (machines plus complexes et performantes), la chimisation (engrais minéraux et produits de traitement). De même, cette révolution agricole repose sur la sélection de variétés de plantes et de races d'animaux domestiques adaptées à ces nouveaux moyens de production industriels et capables de les rentabiliser (Mazoyer, & Roudart, 2002).

Confrontés à la nécessité invoquée du « progrès », les paysans vont, dans l'ensemble, intégrer dans leurs exploitations de nouvelles innovations, de nouvelles pratiques et de nouvelles stratégies de gestion. Conformément aux injonctions politiques et professionnelles de modernisation, les innovations diffusées des années 1950 aux années 1970 suivent un schéma vertical d'intégration dans les exploitations. Les organismes de recherche se chargent d'établir et de concevoir les innovations à diffuser via des organismes de vulgarisation auprès d'agriculteurs récepteurs (Darré, 1996).

Pour comprendre l'attitude des paysans à l'égard de la modernisation de l'agriculture et l'introduction des changements techniques, des travaux en sociologie se concentrent sur la

question de la diffusion des innovations en construisant un paradigme épidémiologique des règles de diffusion d'une idée ou d'une technique. Mendras et Forsé établissent cette grille d'analyse, en distinguant les pionniers, les innovateurs, la majorité précoce ou tardive, les retardataires et les réfractaires (Mendras, & Forsé, 1983).

Cette typologie qui articule le rôle des individus et la diffusion au plus grand nombre rend compte des individualités fortes et porteuses d'un habitus forgé par un statut social plus élevé qui confère une légitimité à l'innovation. Les enquêtes françaises (Bodiguel, 1975 ; Zelem, 2008) considèrent les conséquences de l'innovation sur l'organisation sociale paysanne et confirment le bouleversement des équilibres sociaux par les innovations introduites dans les collectivités locales. L'innovation s'impose partout comme une nécessité, mais elle ne peut être pratiquée par tous et devient un « élément de désintégration sociale » (Purseigle, & Hervieu, 2013). L'innovation technique présentée comme facteur de progrès peut donc aussi représenter une menace d'élimination pour ceux qui ne sont pas en capacité de l'adopter, c'est pourquoi les transformations rapides et profondes ont correspondu à un « changement de civilisation » invoqué par Mendras (1967). Les innovations sont conçues et diffusées sans adéquation avec les modes d'organisation, les logiques économiques paysannes et les besoins réels. De fait, le bouleversement des sociétés paysannes a directement recomposé le paysage des exploitations agricoles et leur organisation. On assiste dès lors à une spécialisation accrue des exploitations et à une division verticale par une séparation entre l'amont de la production et l'aval de la transformation.

Toutefois, le progrès est vécu par les agriculteurs comme une véritable révolution technique et des modes de travail par la machine. C'est ce que révèlent nos enquêtes, comme chez un agriculteur d'Eure-et-Loir, céréalier, âgé d'une soixantaine d'années.

« On ne regrette pas de quitter ce monde qui nous a fait souffrir. Il faut voir les boudots inutiles qu'on faisait à l'époque. C'était un soulagement pour nous. Les machines pouvaient facilement faire ce travail. Certains regrettent toujours le passé mais, comme dit l'autre, je regrette le passé que je n'ai pas connu. Moi, je suis ravi de vivre au ^{xxi}^e siècle et pas au ^{xix}^e. Les choses sont ultra-claires. Le confort de maintenant et la possibilité qu'on a de bouger... Je n'arrive pas à comprendre comment on peut trouver que c'était vachement bien, ne serait-ce qu'il y a quarante

ou cinquante ans. Les mecs sont à revenir à l'époque de leurs grands-parents, mais ils doivent être morts parce que leurs grands-parents n'avaient qu'une envie, c'est le progrès. » (Jean, agriculteur)

Les firmes de l'agro-machinisme contribuent directement à la diffusion de cette « révolution mentale » à travers la mise en place d'un univers de propagande. Des affiches et des films sont diffusés en masse pour convaincre les agriculteurs d'abandonner la traction animale. Le tracteur devient l'emblème de l'agriculture, sa puissance et sa performance sont source de fierté (Bourdon, 2007).



II. Entre association et autonomie : les nouvelles tendances de l'innovation en agriculture

La remise en cause des modèles de développement agricole s'accompagne d'une critique du système d'innovation afférant. La co-construction de nouveaux systèmes techniques entre agriculteurs et institutions de recherche est désormais valorisée afin de restaurer le rôle créateur et inventeur de l'agriculteur. Aujourd'hui, les firmes de l'agrofourniture ne se positionnent plus seulement comme interface de vente aux agriculteurs, mais développent également de nouveaux registres d'action.

1. L'association firmes-agriculteurs dans l'innovation : la création des groupes de pairs

À partir des années 1970, sur la scène de la diffusion de l'innovation, les firmes de l'agro-machinisme vont se positionner comme des relais importants auprès des agriculteurs : elles ne vendent plus seulement des machines agricoles, mais elles proposent des services d'accompagnement des agriculteurs à l'innovation. En effet, dès les années 1970, les modèles de production agricole intensive font l'objet de critiques tout comme le modèle descendant de l'innovation. Des travaux de recherche en sciences sociales s'engagent en faveur d'une lutte contre « le racisme de l'intelligence » (Darré, 1999), au profit d'une reconnaissance du statut de l'agriculteur producteur et détenteur de connaissances. L'attention se déplace du processus de diffusion de l'innovation à l'étude des innovations endogènes des agriculteurs. Ainsi, des travaux récents s'attachent à étudier les effets paradoxaux des innovations techniques en agriculture (Goulet, 2008) et les résistances sociales, économiques et culturelles, induites par ces changements (Zélem, 2008).

L'importance des connaissances « locales » propres aux agriculteurs pour concevoir et gérer de nouveaux systèmes de production est reconnue au détriment des « recettes » de la science expérimentale (Darré, 1999). De même, des pratiques agricoles alternatives au modèle conventionnel sont mises au jour et, compte tenu du manque de références scientifiques et d'encadrement institutionnel, des collectifs professionnels émergent (Leroux, 2011). Ils constituent des groupes de dialogue sous la forme de réseaux de pairs et expriment le besoin de mutualiser et de partager leurs expériences. Ces collectifs de pairs ne sont plus définis par leur ancrage géographique, mais par leur organisation autour de pratiques spécialisées (agriculture biologique, biodynamie, agriculture de conservation, etc.) dans lesquelles les agriculteurs vont chercher des connaissances dans des domaines spécialisés, connaissances que les sciences expérimentales ne leur offrent pas (Goulet, 2011).

Le développement de l'agriculture de conservation en France apporte un éclairage sur la constitution de ces groupes de pairs et du rôle des firmes dans l'accompagnement à l'innovation (Goulet, 2013).

Une des premières stratégies utilisées consiste à être au plus près du terrain et des agriculteurs en assurant à la fois la vente, le conseil technique et l'animation de groupes d'utilisateurs. Les firmes cherchent à rompre avec l'image du « marchand de ferraille » en apportant un accompagnement, un conseil personnalisé, avant et après l'achat, et ce de

manière discrète par la constitution de « communautés d'utilisateurs » et la mise en réseau d'agriculteurs entre eux. Derrière la firme, « l'agriculteur-vendeur » officie auprès de « pairs-clients » (Goulet, 2011).

Les firmes agissent également au niveau de la communication autour du produit et cherchent à influencer sur les pratiques en mettant en scène l'innovation. Dans le cas de la mise en place de l'agriculture de conservation, des actions sont développées pour peser et communiquer auprès des décideurs publics pour construire une troisième voie entre le modèle conventionnel et l'agriculture biologique. Ceci se matérialise par la création de l'Institut de l'agriculture durable qui marque une volonté de défendre sur le terrain politique ces innovations. Au final, les firmes s'apparentent à des acteurs centraux des processus d'innovation en se présentant aux différentes étapes stratégiques depuis le plan technique, jusqu'au marché et aux tenants de l'action publique (Goulet, & Hernandez, 2013).

2. Vers une autonomisation des agriculteurs et le développement de l'innovation ascendante

Face aux stratégies des firmes se pose aujourd'hui la question de l'autonomisation des agriculteurs et de leur auto-organisation en dehors des institutions classiques de l'encadrement et de la sphère marchande. L'autonomie peut être définie comme « *une volonté de maîtrise et d'appropriation personnelle et/ou collective de conduite des itinéraires techniques sans le truchement de tiers* » (Rémy, 2011).

Ainsi, on assiste depuis les années 2000 à l'émergence de logiques d'innovations ascendantes, construites à partir des besoins et des problématiques rencontrées par les agriculteurs sur le terrain. Cette tendance fait écho au rejet d'un modèle fordiste de l'innovation conjugué à une période de réorientation des modèles de production agricole et d'une demande sociale en la matière. Ainsi, l'innovation en agriculture ne désigne plus uniquement la création et la diffusion d'un nouveau produit, mais il s'agit également de proposer un service, comme le démontre notre enquête auprès de l'entreprise VITIROVER, spécialisée dans la prestation d'un service de tonte d'herbe entre les vignes (cf. chapitre IX du présent ouvrage).

À partir des enquêtes réalisées dans le cadre de ce séminaire, deux vecteurs de développement de ces innovations ascendantes sont identifiés :

- Une logique « produit » : l'observation d'une absence de réponse technique face à une problématique rencontrée sur le terrain conduit des agriculteurs à inventer et à proposer une solution. C'est par exemple le cas du robot de tonte VITIROVER qui remplace le désherbage chimique ou mécanique des vignes. De même, les particularités de la permaculture nécessitent des outils spécifiques conçus à partir de l'observation des besoins des agriculteurs qui pratiquent cette technique.
- Une logique « marché » : l'identification d'un marché de niche ou d'une filière permet de réduire la situation de dépendance de l'exploitation agricole à l'égard de son marché et conduit des agriculteurs à développer des cultures pour lesquelles les débouchés ne sont pas gérés par des organismes stockeurs. C'est par exemple le cas de la culture de miscanthus, autoconsommée et vendue directement à la ferme auprès de particuliers et de professionnels.

Les agriculteurs investis dans ces projets, au même titre que d'autres engagés dans diverses formes d'innovation, sont souvent qualifiés de « pionniers » ou d'agriculteurs « leaders » par les professionnels du développement agricole. Mais cette désignation ne fait pas l'objet d'un questionnement spécifique.

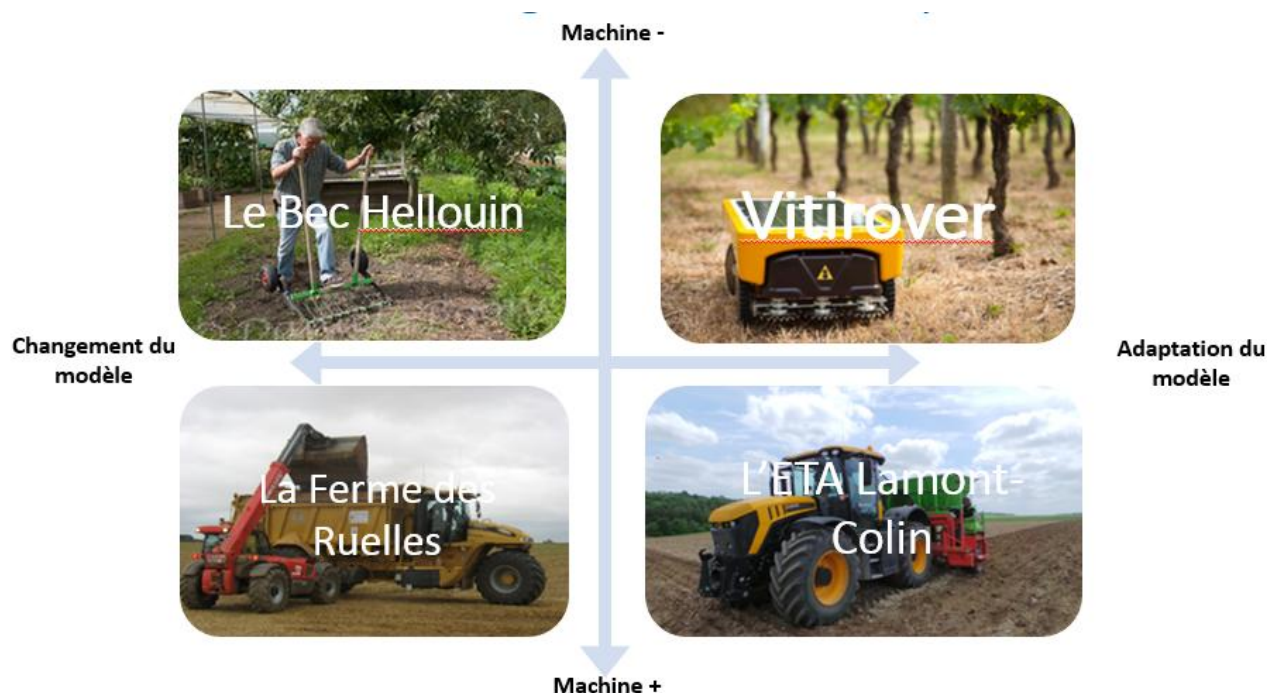
L'autonomisation de ces agriculteurs à l'égard des firmes et des marchés en place nous amène à réfléchir à leurs caractéristiques sociologiques. L'étude des trajectoires de ces agriculteurs et des exploitations permet de comprendre comment et pourquoi des agriculteurs développent ces projets, à quelles ressources font-ils appel et quels capitaux mobilisent-ils au profit de démarches que nous qualifions de « logiques d'action entrepreneuriales » (Chauvin, Grossetti, & Zilio, 2014). L'activité entrepreneuriale peut être définie comme « *l'association dynamique d'une logique d'action et d'un contexte, constitué de ressources ou d'appuis, spécifique d'une période donnée et d'une position dans le monde social* ». De même, l'entrepreneur renvoie à « un acteur social se livrant à une activité entrepreneuriale, c'est-à-dire à une activité orientée par rapport à une logique d'action particulière que l'on qualifiera d'entrepreneuriale » (Chauvin, Grossetti, & Zilio, 2014). Nous nous situons donc face à un enjeu de démystification de l'entrepreneur comme « figure incontournable des mondes de l'économie et du travail ».

Les premiers traits caractéristiques de ces agriculteurs innovants s'observent à travers la définition de soi et la rupture avancée avec les logiques d'action qui ont régi l'activité agricole des générations précédentes. Leur trajectoire scolaire et professionnelle avant la reprise de l'exploitation agricole a construit une rupture dans la définition de leurs pratiques et l'orientation de leur modèle de développement. Cette rupture traduit indirectement une construction sociale ratée de la vocation d'agriculteur. La reprise de l'exploitation est le fruit d'un choix, qui ne semble pas être librement consenti, mais bien construit socialement sous le poids des normes familiales. Pris en étau entre les pressions familiales qui s'exercent sur le repreneur élu (Bessière, 2010) et ses représentations des conditions d'exercice du métier, l'agriculteur va développer un rapport déviant à l'égard des normes qui régissent l'activité agricole et construire une prise de distance à l'égard de la profession et de ses injonctions. Cette prise de distance ouvre d'autres possibles agricoles (logique d'entreprise, développement de start-up, etc.).

La représentation que l'entrepreneur a de lui-même va se construire sur l'image d'un individu libre, autonome et autodéterminé, toujours à la recherche d'innovations à mettre en œuvre pour se positionner sur des marchés encore inexploités. Or, l'entrepreneur va parvenir à saisir dans son environnement un ensemble de ressources qui vont lui permettre de se construire comme tel et de développer des logiques d'action singulières. Ces ressources, qui sont conçues comme des « chances » que tout un chacun pourrait saisir et comme le fruit du « hasard », proviennent d'un capital social accumulé progressivement grâce à une insertion parmi des milieux innovateurs et qui est réactivé en cas de besoin. L'ensemble de ce capital social accumulé permet d'avoir accès à certains événements qui offrent des opportunités d'innovation tout en enrichissant un carnet de contacts.

L'étude des trajectoires sociales de ces agriculteurs met également en évidence une socialisation distinctive, où les capitaux économiques, sociaux ou culturels détenus, acquis ou hérités permettent de relativiser les risques liés à ces projets agricoles en développement et d'inscrire les exploitations dans une logique de différenciation par l'innovation.

Conclusion : changer de modèle ou l'adapter ?



La réorientation des modèles de production agricole nous amène, en guise de conclusion, à analyser dans quelle mesure le degré de prise de distance à l'égard de l'usage de la machine dans les pratiques agricoles fait rupture ou non avec le modèle de développement agricole intensif et productiviste. Pour ce, dans ce schéma, l'axe vertical correspond à l'intensité de l'équipement technique et agro-machinique. Cet axe est croisé à l'axe horizontal et correspond à la « vision » de l'agriculteur et de la capacité de ses innovations à maintenir à l'identique un modèle agricole « classique », voire de le perpétuer en l'adaptant aux nouvelles exigences, ou bien de remettre en cause ce système en développant une vision écosystémique.

Ainsi, au sein de l'entreprise VITIROVER, la simplification technique s'effectue au cœur d'un modèle qu'on préserve et perpétue à l'identique. En revanche, la permaculture s'inscrit dans

une simplification de la technique au profit d'un modèle réinventé autour de la conception d'un agro-écosystème.

L'ETA Lamont-Colin se situe au cœur de l'invention technique pour de nouveaux usages, mais sans remise en cause du tracteur. Cependant, cette entreprise ne se contente pas d'utiliser un tracteur traditionnel, mais elle y ajoute de nouvelles fonctions pour s'adapter aux nouvelles exigences environnementales et écologiques. Enfin, la ferme des Ruelles s'engage sur le développement de nouveaux équipements techniques et d'agro-machines au service de la conceptualisation d'un nouvel écosystème et d'une ferme orientée vers le développement durable.

Références bibliographiques

- AGRESTE. (2016). « L'équipement des exploitations agricoles. Un recours à la propriété moins marqué pour les machines spécialisées », *Agreste primeur*, fév. 2016, 334.
- BESSIERE, C. (2010). *De génération en génération. Arrangements de famille dans les entreprises viticoles de Cognac*, Paris : Raisons d'agir.
- BODIGUEL, M. (1975). *Les paysans face au progrès*, Paris : Presses de Sciences Po.
- BOURDON, J.-P. (2007). « L'américanisation de nos campagnes. Affiches agricoles et histoire rurale (1870-1950) », *Histoire et Sociétés rurales*, 28.
- CHAUVIN, P.-M., GROSSETTI, M., & ZALIO, P.-P. (2014). *Dictionnaire sociologique de l'entrepreneuriat*, Paris : Presses de Sciences Po.
- DARRE, J.-P. (1996). *L'invention des pratiques*, Paris : Karthala.
- DARRE, J.-P. (1999). *La production de connaissances pour l'action. Argument contre le racisme de l'intelligence*, Paris : Édition de la MSH et INRA Éditions.
- DEBATISSE, M. (1963). *La révolution silencieuse. Le combat des paysans*, Paris : Calmann-Lévy.
- DELEAGE, E. (2013). *Agricultures à l'épreuve de la modernisation*, Paris : Éditions Quae.
- DUBY, G., & WALLON, A. (1976). *Histoire de la France Rurale*, tome 4, Paris : Éditions du Seuil.
- GOULET, F. (2008). *L'innovation par retrait : recomposition des collectifs sociotechniques et de la nature dans le développement de techniques culturelles sans labour*, thèse de doctorat de sociologie, Grenoble : Université Pierre Mendès-France.

- GOULET, F. (2011). « Accompagner et vendre. Les firmes de l'agrofourniture dans l'innovation et le conseil en agriculture », *Cahier Agricultures*, vol. 20, 5, sept.-oct. 2011, 382-386.
- GOULET, F. (2013). « Mettre en récits et partager l'expérience. Éléments pour l'étude des savoirs dans des collectifs professionnels », *Revue d'anthropologie des connaissances*, vol. 7, 2, 501-524.
- GOULET, F., & HERNANDEZ, V. (2011). « Vers un modèle de développement et d'identités professionnelles agricoles globalisés ? Dynamiques d'innovation autour du semis direct en Argentine et en France », *Revue Tiers Monde*, 207.
- JOLLIVET, M. (1958). « Le canton d'Orgères en Beauce ». In J. Fauvet, & H. Mendras (dir.), *Les paysans et la politique dans la France contemporaine* (pp. 453-461), Paris : Armand Colin.
- LEROUX, B. (2011). *Les Agriculteurs biologiques et l'alternative : contribution à l'anthropologie politique d'un monde paysan en devenir*, thèse pour le titre de docteur de l'EHESS, spécialité sociologie, 408 p.
- MAZOYER, M., & ROUDART, L. (1997). *Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine*, Paris : Le Seuil.
- MENDRAS, H. (1967). *La fin des paysans*, Paris : SEDEIS – Futuribles.
- MENDRAS, H., & FORSE, M. (1983). *Le changement social*, Paris : Armand Colin.
- PURSEIGLE, F., & HERVIEU, B. (2013). *Sociologie des mondes agricoles*, Paris : Armand Colin.
- REMY, J. (2011). « De la célébration de l'agriculture familiale à la promotion de l'agriculteur-entrepreneur : succession ou coexistence ? », *POUR, GREP*, 212, 165-178.
- ZELEM, M.-C. (2008). *Les résistances au changement en situation d'innovation*, mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Paris V-Descartes.

De l'agro-machinisme aux machines agricoles autonomes

Corentin CHERON

Je vais vous parler de la transition de l'agro-machinisme aux machines agricoles autonomes en insistant sur l'aspect technique afin d'inciter à la réflexion. Je suis loin d'avoir une vision globale sur cet aspect. L'idée est d'observer et analyser les évolutions techniques qui arrivent en ce moment, d'évaluer leur impact et essayer de comprendre comment elles vont permettre le développement des machines autonomes.

Introduction

Je suis ingénieur en électronique et informatique et j'ai créé, avec deux associés, Airinov, leader en drones en agriculture, qui propose un outil pour la pulvérisation localisée et l'analyse de cartes. Je vais quitter Airinov pour reprendre des études afin de me spécialiser en intelligence artificielle. Je suis passionné en électronique, en informatique et par les applications en robotique. Au niveau électronique, le développement de la micro-électronique – en particulier de ce que l'on appelle les « laboratoires sur puce » – et les nouvelles technologies associées apportent des nouveaux capteurs qui permettent à moindre coût d'acquérir une grande quantité de données : notamment les capteurs imageurs ou des images issues de radars ; mais aussi des capteurs capables de mesurer directement des ions dans le sol, comme le pH et réaliser de nombreuses analyses chimiques (chlorures, nitrates et autres) ; ou d'autres capteurs qui peuvent mesurer la maturité des fruits. Comme ils sont miniaturisés et à basse consommation d'énergie, ils peuvent être intégrés n'importe où et en particulier dans le sol. Ce qui permet des mesures en continu dont les résultats peuvent être transmis en continu directement. Cela génère de grandes quantités de données à analyser.

Le traitement des données

Ces données doivent pouvoir être traitées : il faut donc des systèmes capables de réaliser des calculs à partir de modèles cognitifs, c'est-à-dire intelligents. Par exemple, un des

composants présents dans les smartphones actuellement, le *snapdragon* 835, peut réaliser des calculs, émettre du wifi. Cela permet d'avoir de la puissance. C'est ce genre d'outils qui va permettre de réaliser des machines autonomes, mais on ne pourra pas réaliser un futur dans lequel toutes ces données rassemblées pourront être traitées dans un *cloud* et où tout fonctionnera à distance. Il y a un besoin que l'intelligence soit suffisamment locale et donc que toutes ces données soient fusionnées pour fournir des informations pertinentes avant tout envoi massif éventuel. Il faudra pouvoir « fusionner » les données en provenance des différents capteurs en disposant sur place de capacités de traitement. Il faut une hiérarchie de la pertinence des informations obtenues sur place, et surtout pas l'envoi d'une grande quantité d'informations dont on ne connaît pas leur importance.

Les réseaux

Ces outils vont aussi permettre d'améliorer la communication entre tous ces systèmes. En effet, après traitement, il y aura des informations et/ou des alertes à donner. Depuis trente ans, les réseaux ont été développés pour des outils de communication connectant les humains (réseaux, smartphones...). Maintenant, avec le développement des objets connectés apparaît un besoin de connecter les machines qui communiqueront et feront des actions automatiques, lesquelles mettront l'homme en dehors de la boucle. La technologie qui va apparaître, c'est la 5G qui unifiera les moyens de connexion. Actuellement, la 4G utilise des bandes réglementées et le wifi qui, sur des bandes libres, permet à tout le monde de se créer des réseaux. Le but de la 5G est d'unifier tous ces éléments, qu'il s'agisse de communication « longue distance » ou locale et d'obtenir un maillage plus fin, ce qui va pouvoir concerner l'agriculture.

Relation humain – machine : « deep learning »

Cela conduit à la nécessité de développer des capacités d'apprentissage du traitement de données et, plus précisément, d'images, se rapprochant ainsi de la capacité d'un humain à analyser une image. L'intérêt vient des techniques d'apprentissage : un humain peut apprendre à un ordinateur à faire une tâche, à répéter « quelque chose » qui est son savoir propre, acquis, et l'ordinateur va pouvoir l'automatiser. Sur la diapositive que vous voyez ici, on peut réaliser des comptages de pieds dans les champs, mais aussi identifier des objets, voire des manques, ou des situations anormales. Par la circulation de logiciels en « open source », on va pouvoir disposer rapidement d'outils très puissants. Aujourd'hui, un humain peut détecter des maladies sur une feuille. De nombreuses connaissances sont locales, mais avec ces techniques, on va pouvoir fusionner l'ensemble des connaissances permettant d'avoir des systèmes plus puissants, plus robustes. On va aussi pouvoir faire des choses actuellement impossibles : par exemple, compter le nombre de pieds d'ananas viables à raison de 25 ha par jour, ce qui correspond à un nombre très important (80 000 pieds par ha). Au maximum, un humain compte entre 2 000 et 3 000 pieds par heure, avec des erreurs, ce qui n'est donc pas faisable. L'ordinateur pourra compter l'ensemble très rapidement.



TENSORFLUX



agremo
formerly AgriSens



AIRINOV
powered by AIRINOV V&E

Voici une application développée par une entreprise allemande. En prenant une photo d'une feuille, il va être possible de détecter de quelle maladie il s'agit. Il y a encore interaction avec un humain, mais cela va permettre rapidement de faire des cartographies des maladies, si les photos peuvent être prises directement par des machines. Il s'agit bien d'un traitement d'image et de nombreuses autres applications sont en cours : cueillir les fruits



Application Plantix de détection de maladie végétales - PEAT GmbH, Allemagne

mûrs dans un verger, ramasser des fraises selon le degré de maturité. On peut réaliser des machines avec des dizaines de bras capables de réaliser des activités de récolte. Cela peut



Robotic Fruit Harvester - FFRobotics, Israel

Shibuya Seiki "Strawberry Harvesting Robot", Japan

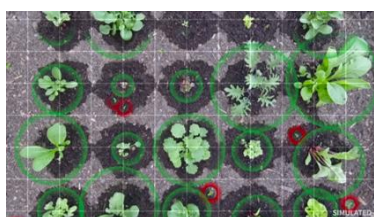
conduire à une fusion du travail du robot et de l'humain, le travail final étant réalisé par un humain : par exemple, pour une récolte suivie de mise en barquette des fruits (fraises). Dans l'évolution technique, certaines tâches sont plus difficiles à

automatiser. Le robot joue alors le rôle d'un assistant qui réalise les tâches simples et répétitives.

En résumé, nous aurons de plus en plus de capteurs permettant, à bas coût énergétique, d'avoir des données de plus en plus fines, capables de communiquer entre eux et d'apprendre à détecter des situations anormales, des changements, etc. Les informations basiques sont traitées, deviennent pertinentes, sont communiquées et permettent des actions spécifiques. Ce processus se développe aussi en dehors de l'agriculture (voitures autonomes, assistants vocaux, etc.). Ce développement général conduit à réfléchir au futur en agriculture. Est-ce que ce sera un combat entre humains et robots, les robots remplaçant peu à peu les humains ? On peut en débattre. En effet, les robots seront capables d'apprendre, d'agglomérer des connaissances venues de partout dans le monde. Je pense que ce sera plutôt une collaboration. Un professeur d'informatique du MIT explique que l'informatique ne va pas produire le robot entièrement automatique qui va s'occuper tout seul d'une production agricole, en somme d'une ferme entièrement robotique. Ce n'est pas durant ce siècle que cela arrivera, si cela arrive. Il s'agit au contraire de libérer une part du travail direct pour donner aux humains la possibilité de penser et d'organiser l'activité et de prendre des décisions.

Quelques développements en cours

Je vais entrer dans différents domaines pour analyser l'état de l'art et voir ce que cela pourrait donner pour la suite. J'ai parlé d'« open source », mais aussi de réduire l'échelle afin d'arriver à concevoir des briques élémentaires. Le projet *farmbot* correspond à la fusion de la robotique avec les technologies des imprimantes 3D. Un bras (d'une machine à commande numérique) est capable de créer un petit potager de quelques mètres carrés en réalisant toute la technique depuis le semi, la fertilisation,



l'arrachage des mauvaises herbes, l'arrosage, l'intervention humaine ayant lieu au début et pour la récolte. La majeure partie est automatisée. On peut imaginer que beaucoup de personnes n'ont pas le temps de gérer un petit potager, mais souhaiterait en avoir un qui soit suivi quotidiennement. Il pourrait y avoir une interaction

avec un robot gérant ce petit potager. Un autre aspect est le maraîchage en ville et Marie Asma va nous en parler spécifiquement. Au Japon, des « technofarm » se mettent en place et cultivent des salades en hydroponie et dont 50 % de l'activité est automatisée. Beaucoup de données sont récupérées. C'est aussi une façon d'apprendre sur les plantes. Ces installations peuvent être très proches du consommateur, ce qui permet de fournir des produits ultrafrais par exemple pour des restaurants dont les besoins sont réguliers et journaliers.

En grande culture, il existe un bon exemple d'un petit robot compact (Rippa) développé par l'Université de Sydney, en Australie, pays très actif dans les recherches sur les robots agricoles. Une petite vidéo vous montre les grandes étapes : il peut passer dans les champs dans des conditions difficiles (sol détrempé par exemple) ; il est robuste aux conditions météo ; il traite les images en temps réel avec des techniques d'apprentissage qu'on appelle « deep learning ».



Il peut pratiquer des techniques très basiques de désherbage mécanique. C'est une technique simple, très ancienne, que n'importe qui peut réaliser, mais rapidement très fatigante. L'avantage est la possibilité d'un travail constant et sur une longue durée. Il peut aussi prendre des échantillons de sol et faire des analyses. On a ainsi un élément « clé » : le robot devient de plus en plus souple. Sa gamme de possibilité s'élargit, ce qui va permettre des développements constants. Il peut s'adapter ou être adapté rapidement aux nouvelles situations. Mais un petit robot comme celui-là ne peut pas aller très vite, pour des raisons d'optimisation énergétique. Il faut donc des flottes de robots, chaque robot s'occupant d'une surface définie avec des points de rechargement des batteries. Les chercheurs ont pu développer une simulation de ce que pourrait être l'utilisation d'une flotte de robots dans les fermes.

Est-ce que les champs vont devenir des sortes d'usines avec des bras robotisés dans les champs ? Probablement pas sur toute l'année, étant donné l'intensité plus faible de la production au mètre carré. Une autre solution est d'avoir des accessoires « intelligents » montés sur les tracteurs. *Blue river technologies* développe aux États-Unis une machine qui fait du



traitement d'image et pulvérise directement du produit sur la plante détectée (mauvaises herbes, etc.). On arrive ici à une très grande précision avec pas mal d'avantages (coût, environnement). On peut traiter 20 ha par jour. Cela correspond à une production proche des capacités actuelles, et c'est bien meilleur de ne traiter que là où c'est nécessaire.

L'agroforesterie est un domaine que je ne connais pas beaucoup. Mais l'AFAF (Association française d'agroforesterie) prévoit que dans les vingt ans à venir, il y aura de nombreuses haies, ou de nombreuses lignes d'arbres dans les champs, ce qui dans le contexte technique actuel ne facilite pas les activités. Mais avec des robots ou des machines un peu plus petits et capables d'avancer en reconnaissant les arbres ou les arbustes et en les contournant, cela ouvre des possibilités tout en conservant une bonne qualité de suivi.

Quelle peut être la place de l'agriculteur dans ce déploiement ? On imagine l'agriculteur de demain qui fait de la coordination et reste surtout dans son bureau. Mais ces nouvelles technologies vont lui permettre surtout de devenir un agronome plus proche de ses cultures. Toutes les machines resteront limitées. J'imagine que dans un flux de traitement de données, on aura par exemple un robot volant qui détecte une anomalie. L'humain se déplacera pour aller voir la zone, analyser la problématique avec éventuellement les traitements à effectuer aussitôt, ce qui lui permettra d'envoyer des robots pour réaliser le traitement, et un autre un peu plus tard pour valider le résultat. Il faut ajouter la mise en place de réseaux sociaux mettant les professionnels en relation, que ce soit de l'« open source » ou du partage d'information. Ces réseaux d'échanges techniques existent déjà.

Conclusion

On voit déjà beaucoup de projets et de début d'industrialisation. Cela va permettre des développements associés à des rentabilités économiques. En effet, le coût des capteurs continue de baisser, qu'il s'agisse de capteurs pour saisir des données ou de capteurs pour permettre la circulation des robots. Il peut s'agir d'accessoires pour tracteurs ou de robots autonomes. Cela devrait permettre de créer des écosystèmes plus durables et permettre à

l'agriculture d'être plus présente

dans les villes..., car il faut aussi continuer à réfléchir à la relation de l'agriculture avec la ville. Voici



quelques photos « futuristes » avec des potagers inclus dans des espaces urbains. Ceci reste imaginaire, mais peut-être pourrons-nous l'atteindre grâce aux nouvelles techniques.

Agricultures urbaines. Quelles techniques agronomiques ? Quels mondes en émergence ?

Marie Asma BEN OTHMEN

Introduction

Le questionnement sur le potentiel du développement de l'agriculture urbaine est à mettre en perspective avec l'urbanisation croissante que connaît le monde aujourd'hui. En effet, selon les statisticiens des Nations unies, on estime que 75 % des habitants de la planète habiteront en ville à l'horizon 2050.

Ce phénomène ne sera pas étranger à la France, avec l'urbanisation croissante, notamment de Paris et de sa première couronne. Les estimations les plus fortes prédisent que, d'ici 2050, trois millions de nouveaux franciliens viendront s'ajouter aux douze millions actuels. Cette poursuite de l'extension de la métropole a pour effet l'érosion de la biodiversité, ordinaire ou remarquable. Un phénomène qui ne cesse d'inquiéter alors que les recherches scientifiques comme les expérimentations confirment régulièrement le besoin urgent de renforcer les fonctions écologiques urbaines.

Ce constat alarmant a amené la mairie de Paris en 2015 à l'approche de la COP 21 à faire appel à l'architecte Belge Vincent Callebaut pour dessiner ce qu'il appelle Paris Smart City 2050. Les rues, les immeubles, les ponts et les gares ont été revus à la sauce végétale, sans même déconstruire les fameux immeubles Haussmanniens. Le projet prévoit de leur ajouter des extensions qui posséderaient des jardins suspendus et même des vergers. Les projets d'agriculture urbaine occupent une place centrale dans cette conception. Ils ont pour objectifs de rendre les villes aujourd'hui plus vivables, plus autonomes pour fonctionner comme de véritables organismes vivants de manière intelligente et raisonnée.

Alors, même si cette vision de Paris futuriste et écologique peut paraître utopique, à l'avenir, pour s'adapter au changement climatique, les villes doivent mettre en place des changements majeurs et il n'est pas impossible que se reproduise comme avec l'architecte-

urbaniste Haussmann une reconstruction globale et harmonieuse de Paris, avec l'agriculture urbaine et la valorisation du végétal comme objet central de la programmation et la planification urbaine.

Pour autant, cette programmation n'est pas si simple quand il s'agit de l'agriculture en ville. Chaque initiative devra s'insérer dans une cohérence d'ensemble. La végétation ne se maintient pas sans un sol vivant, lui-même tributaire de sa propre diversité, des vers de terre, des bactéries et des micro-organismes, eux-mêmes fondamentalement dépendants du cycle de l'eau et celui des nutriments dont ils participent.

Remettre la nature en ville, c'est bien sûr replanter, reverdir, accueillir les espèces, mais c'est aussi rétablir des dynamiques à plusieurs échelles en créant un lien entre l'alimentation, le territoire et la santé, en créant un environnement qui supporte l'agriculture urbaine (Balmer *et al.*, 2015).

Au travers de cet article, je propose de revenir dans un premier temps sur les différentes définitions, formes et concepts de l'agriculture urbaine pour introduire par la suite les différentes techniques agronomiques auxquelles elle fait appel. Ensuite, j'évoquerai des aspects liés à la multifonctionnalité de l'agriculture urbaine, par ses formes et ses activités, qui aboutissent à l'émergence d'un nouveau contrat avec la société. Enfin, je vais revenir sur quelques clés de lecture de l'agriculture urbaine au travers du prisme de l'approche évolutive des visions du monde.

Les agricultures urbaines : éléments de définition

La définition de l'agriculture urbaine a fortement évolué durant cette dernière décennie (Torre, 2013). La dichotomie séparant autrefois l'intra-urbain et le péri-urbain a été surmontée par les spécialistes qui définissent aujourd'hui l'agriculture urbaine comme « *les activités agricoles localisées dans la cité ou sa périphérie, englobant également l'agriculture dont les produits sont majoritairement destinés à la ville et qui se trouve localisée sur des sols et des terrains pour lesquels existe une alternative entre un usage agricole et un usage non agricole des ressources* » (Moustier, & Fall, 2004).

Cette définition tient ainsi compte de la confrontation entre deux grandes catégories de préoccupations qui concernent respectivement, l'alimentation des villes par une agriculture

de proximité, et l'occupation des sols, soumis à des concurrences, des complémentarités et des conflits éventuels avec d'autres activités au service de la ville comme la construction d'habitations ou d'immeubles.

Néanmoins, il apparaît utile de distinguer l'agriculture péri-urbaine qui se situe à sa périphérie, et l'agriculture en ville qui se développe au sein de celle-ci.

L'agriculture péri-urbaine existe aujourd'hui sous forme de fermes préexistantes. Elle est confrontée principalement à une problématique de conservation ou de sauvegarde face à l'avancement des fronts urbains. Tout en traduisant les nouveaux rapports ville-campagne du monde contemporain, elle conserve étroitement le rapport à la terre.

L'agriculture intra-urbaine, quant à elle, se dégage progressivement du lien à la terre, et entre depuis maintenant quelques années plutôt en phase de reconquête de l'espace urbain. Elle tend à explorer une série d'autres surfaces disponibles en essayant d'y adapter les techniques agronomiques existantes ou d'en inventer de nouvelles. Ces modalités de culture peuvent aller de la culture en pleine terre aux serres permanentes ou encore des cultures sur toits et balcons.

Diversification des approches de l'agriculture urbaine

La diversification des approches, entre agriculture péri- et intra-urbaine, se développe tout au long d'un gradient plus au moins intensif de technologies et d'infrastructures depuis la culture en pleine terre jusqu'aux fermes verticales.

Ces approches présentent des impacts variables à la fois sur la consommation énergétique et la dépendance aux intrants fossiles, mais aussi sur l'empreinte environnementale et sur les services écosystémiques rendus par les parcelles.

En termes de combinaison entre substrats, infrastructures et techniques agronomiques, les agricultures urbaines existent sous différentes formes. Nous distinguons essentiellement : les fermes péri-urbaines, les fermes urbaines, les jardins associatifs, les cultures sous serre, les cultures sur toits et balcons et le « indoor farming ». Aujourd'hui, émergent des approches intégrées combinant plusieurs modalités (pleine terre, hors-sol).

Les fermes maraîchères péri-urbaines

Les fermes maraîchères péri-urbaines sont le produit d'une double histoire, économique et urbaine. Ces fermes ont été longtemps considérées comme des terres agricoles, reliques appelées à disparaître face à l'extension des fronts urbains (Vaudois, 1994). Aujourd'hui, ces espaces connaissent une véritable évolution de leurs statuts d'espaces résiduels, ce qui conduit à de nouvelles formes d'intégration des espaces agricoles dans les stratégies de planification urbaine.

Le maraîchage péri-urbain est une pratique qui ne date pas hier puisque les maraîchers franciliens (fin ^{xix}^e-début ^{xx}^e siècle), pratiquaient cette forme de culture qu'on qualifie aujourd'hui de *bio-intensive*. Cette technique était pratiquée sur de petites surfaces afin d'avoir un fort rendement sur un faible volume de terre de façon à faire vivre plusieurs personnes sur une même ferme. Les maraîchers parisiens produisaient toute l'année grâce aux couches chaudes, de paillage au sol et de rotation des cultures. Le seul apport extérieur était le fumier de cheval (ou de vache) qu'ils récupéraient auprès des écuries parisiennes de l'époque. Au milieu du ^{xix}^e siècle, les maraîchers parisiens, repoussés de la capitale par l'urbanisation croissante et attirés par les terrains bon marché, s'installèrent dans les communes de banlieue et quelques dizaines viennent aménager leurs exploitations à la Courneuve.

Les jardins associatifs

Le jardinage associatif a généralement lieu sur des terrains publics ou tout du moins dans des terrains dont la visibilité et la place dans le tissu urbain questionnent sur leur usage possible (Beckie, & Bogdan, 2010). Ces jardins impliquent une organisation collective du groupe de jardiniers, à des degrés variables.

La demande des urbains pour accéder à ces jardins augmente considérablement dans les villes des pays industrialisés. Cet engouement peut être interprété, en lien avec d'autres revendications, comme le rapport à l'alimentation et aux conditions de production des aliments, aux enjeux de santé publique, mais aussi comme une réponse au mode de vie urbain.

L'histoire du jardinage sur un espace ouvert est liée à celle de l'économie capitaliste et distingue trois grandes périodes dans l'histoire de ces jardins en Europe et en Amérique du Nord depuis le ^{xix}^e siècle.

La première période, qui commence en Europe au XIX^e siècle avec la Révolution industrielle, est marquée par un exode rural important. C'est l'Abbé Jules Le Mire qui a mis en place les premiers jardins ouvriers (c'est comme ça qu'ils s'appelaient au départ). Ainsi, suivant une idéologie paternaliste, des lopins de terre ont été mis à la disposition des paysans nouvellement arrivés en ville. Ces pratiques de culture ont été initialement développées dans une logique d'autoconsommation familiale et « *contribuent à la reproduction à moindre coût de la force de travail nouvellement libérée de ses terres* » (Dubost, 1997 ; Boulianne, 2001).

La deuxième période du développement des jardins associatifs couvre les deux Guerres mondiales et la Grande Dépression dans les années 1930. Les jardins ouvriers acquièrent un rôle explicite de lutte contre la pauvreté et la faim (Boulianne, 2001), que ce soit dans un contexte de rationnement des vivres comme pendant la Première Guerre mondiale ou dans un contexte d'occupation comme en France pendant la Seconde Guerre mondiale. En Amérique du Nord, les jardins créés pendant cette période constituent les « ancêtres » des *community garden* actuels initiés par les gouvernements fédéraux ou par les associations caritatives. Ces jardins sont associés à l'effort de guerre Victory Garden et encouragent le sentiment patriotique. Ils disparaissent progressivement après la fin de la guerre (Baudry, 2010 ; Saint-Hilaire-Gravel, 2013).

La troisième période, qui court de la fin de la Seconde Guerre mondiale au début des années 1970, est marquée par une forte croissance économique et l'avènement de la société de consommation. Les produits issus de l'agriculture mécanisée et de l'agro-alimentaire deviennent accessibles au plus grand nombre. Les potagers régressent grandement au profit des jardins ornementaux, et le jardinage devient une activité de loisirs pour les classes moyennes disposant d'une maison avec terrain.

Aujourd'hui, on voit l'émergence de nouvelle contestation du modèle de développement de la société occidentale et de son matérialisme. L'émergence d'une conscience écologiste mondiale (Baudry, 2010) remet au goût du jour les jardins associatifs.

Les micro-fermes urbaines

Les micro-fermes urbaines représentent une espèce d'avatar entre les jardins associatifs et les fermes péri-urbaines. Elles prennent souvent la forme de fermes maraîchères en

production bio-intensive valorisant les déchets organiques urbains. En ce sens, la conception des micro-fermes urbaines s'inspire fortement des jardins partagés des techniques de maraîchers professionnels.

Les micro-fermes urbaines sont des formes d'agriculture urbaine qui se proposent de faire le pont entre le jardinage associatif et le maraîchage urbain en passant de l'agrément à la production. À Paris, ce mouvement est mené essentiellement par des associations – Ville'Fertiles – constituées d'adhérents issus des jardins partagés, du mouvement des AMAPs, des réseaux de l'économie sociale et solidaire, souvent sensibles aux problématiques écologiques, aux principes de la décroissance et de la sobriété heureuse.

Les serres urbaines

À ce niveau, on parle des serres « en dur » (en verre ou en polycarbonate) qui s'installent de plus en plus au cœur des villes. Si la culture en bac est pratiquée dans certaines de ces serres permanentes – Sky Green à Singapour ou Eli Zabar à New York –, la tendance actuelle va vers la culture hors-sol du type hydroponique (voir plus rarement dans l'aéroponie).

Cette approche très technologique issue du maraîchage intensif « classique » repose sur l'usage d'une eau en circuit fermé contenant des nutriments nécessaires et fournis directement (hydroponique) ou en spray (aéroponie, dans le cas des *areofarms*) aux racines des plantes ainsi que sur un environnement contrôlé en termes de température, humidité, lumière (fournie ou non), et même de concentration en gaz carbonique. À noter que même si l'hydroponie permet à la fois de maximiser le rendement par surface et un contrôle beaucoup plus aisé des ravageurs, elle est en revanche plus exigeante en investissement initial tant technique que financier.

L'une des limites de la technique de cultures sous serre en milieu urbain est qu'elle ne présente pas le même potentiel de performance pour toutes les espèces cultivées : pour l'instant, elle s'applique essentiellement aux aromatiques, salades et autres légumes-feuilles (Travaline, & Hunold, 2010).

Du point de vue des intrants fossiles, la culture hors-sol sous serre s'appuie sur des fertilisants de synthèse (mais sans générer de rejets éventuels ou d'excédents comme en pleine terre) et sur une consommation électrique pour le contrôle des paramètres de la

serre, notamment son éclairage et sa ventilation dans les schémas les plus intensifs (qui peuvent être obtenus par de sources renouvelables ou de la récupération de chaleur souvent abondante en ville).

En termes d'économie d'énergie, grâce aux vertus isolantes des bâtiments sous-jacents, les serres sur toits permettent la même économie qu'un toit vert – La *Lufa Farm* avance un chiffre de 25 %. À noter que le recours possible à de l'éclairage artificiel permet à l'hydroponie de se déployer jusque dans les sous-sols et les autres compartiments de bâtiments isolés de l'éclairage naturel (anciens entrepôts, voire reconversion de bureaux et friches délaissées).

En termes d'empreinte écologique, les défenseurs des serres urbaines insistent sur ses faibles besoins en eau (ce qui reste nécessairement un facteur limitant en ville). D'après *Bright Farms*, une serre urbaine présente un besoin 7 fois moins consommateur d'eau pour les légumes-feuilles et 25 fois moins pour les tomates cultivées.

La culture sur toits et balcons

La culture sur toits et balcons est par excellence le moyen de conquête d'espaces agricoles dans les villes. Elle peut se pratiquer soit par une couche suffisante de substrats, soit en récipients moyennant de simples sacs de terre. Ces deniers sont aussi utilisés comme alternatives à la pleine terre lorsqu'elle est trop polluée en ville (Armstrong-A, Donna, 2000).

Tout comme la culture en pleine terre, la culture sur toits et balcons à ciel ouvert est potentiellement peu gourmande en énergies fossiles. En se substituant à une surface nue, elle diminue l'empreinte écologique, maximise la production des services écosystémiques en valorisant la biodiversité urbaine et favorise le lissage des ruissellements excédentaires ou la diminution de l'effet d'îlots de chaleur urbains (Lawson, 2005).

Aujourd'hui, la culture sur toits et balcons est pratiquée tant par les associations (à but non lucratif) que par les entrepreneurs. Encore peu répandue en Europe, elle offre un potentiel important en innovations que ce soit pour adapter et équiper les toits existants (infrastructure d'irrigation, électricité renouvelable, de compostage, préparation de substrats, d'accès aux toits, de petites serres d'appoint pour les semis) ou pour la conception de nouveaux bâtiments intégrant d'emblée cette utilisation des toits et des murs.

Des projets d'agriculture urbaine en économie circulaire ?

En réduisant la distance entre les consommateurs et les producteurs, et en minimisant l'impact sur l'environnement, l'agriculture urbaine prône un modèle d'échange en économie circulaire (Bradley, & Galt, 2013). Rappelons que l'économie circulaire est, par définition, un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), a pour but d'augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et de diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien-être des individus.

Aujourd'hui, un nombre croissant de projets d'agriculture urbaine, tendant à combiner les différentes approches agronomiques développées plus haut et à s'inscrire dans une logique globale d'économie circulaire, voient le jour.

Nous pouvons citer l'exemple de la ferme *The Plant* à Chicago, installée dans un vieil immeuble dans la ville de Chicago reconnue comme une véritable ferme du futur à « Zéro Énergie ». En effet, cette ferme ne consomme pas d'énergie grâce à, notamment, un système ingénieux de connexions entre toutes les formes de cultures qui y sont développées. L'énergie interne est en effet puisée dans les déchets alimentaires recyclés (10 000 tonnes par an) via un digesteur anaérobique (une cuve qui produit du biogaz, ne nécessitant que très peu d'oxygène) et un système de chauffage indépendant du réseau énergétique classique. En pratique, le digesteur capture le méthane, produit par les déchets, qui sera brûlé pour créer l'énergie nécessaire au fonctionnement de la ferme. L'énergie en excès sera utilisée dans un régulateur de température de l'immeuble.

La ferme interne développe un modèle de production en aquaponie – technique agricole qui reproduit l'écosystème d'un lac – qui utilise la même eau pour l'élevage des poissons et la culture des plantes. Cette méthode ne nécessite aucun engrais chimique (ni insecticide, fongicide, algicide...), car les déchets de la pisciculture procurent les nutriments nécessaires à la croissance des plantes. Les tilapias qui sont élevés dans cette ferme rejettent de l'ammoniac, filtré puis transformé en nitrates qui alimentent les cultures de plantes en bacs hydroponiques. En absorbant les nitrates, ces plantes nettoient l'eau, qui est renvoyée vers le bac des poissons. Les cultures et les poissons produits seront ensuite vendus aux marchés et restaurants locaux.

Il reste à souligner que le principal frein pour le développement et la diffusion de ce type d'approche demeure l'investissement initial important à mobiliser. La ferme *The Plan* a reçu 1,5 million de dollars de la ville de l'Illinois en guise de subvention d'aide à l'installation du projet.

D'autres approches intégrées sont aussi portées par des fermes qui se structurent en réseau pour diversifier leurs activités et assurer une pérennité de leur modèle économique : c'est le cas notamment de *Greengrow farms* à Philadelphie (Hanna, & Pikai, 2000).

L'agriculture urbaine. Une forme de réévaluation de l'agriculture par la société

Toutes les expériences de développement de l'agriculture urbaine citées précédemment témoignent d'une réévaluation de l'agriculture dans nos sociétés contemporaines. Elles tendent à traduire l'émergence d'un nouveau contrat entre l'agriculture et la société qui sous-tend de nouvelles préférences et comportements à propos du « comment produire et consommer » (Feenstra, 2007).

En effet, la recherche d'une activité en contact avec la nature, pratiquée selon les méthodes écologiques et produisant des aliments sains a pris encore plus d'ampleur récemment, notamment suite aux grandes crises alimentaires qui ont marqué les années 1990, remettant en cause le « *globalized agri-food system* » (Morgan *et al.*, 2006). Ces crises stimulent aujourd'hui aussi la croissance et la diversification des formes de circuits courts (Redlingshöfer, 2006 ; Aubry, & Kebir, 2013).

De fait, on voit apparaître de nouvelles préoccupations, portées notamment par un public ayant une culture urbaine (habitant en ville ou à la campagne : les fameux « néoruraux »). Néanmoins, il convient de souligner que, à l'échelle locale ou nationale, l'agriculture urbaine est aussi culturellement ancrée dans le lieu de son implantation. Elle s'affirme véritablement multifonctionnelle, reconnue à la fois comme activité économique, composante de l'armature spatiale et paysagère du territoire, forme patrimoniale et support identitaire (Poulot, 2014).

Aujourd'hui, cette agriculture urbaine est appelée à répondre à des enjeux multi-échelles et multi-acteurs qui concernent l'alimentation, l'emploi, la préservation de la biodiversité, ainsi

que la qualité de vie et surtout l'innovation. Ils représentent autant d'enjeux pour lesquels nous ne sommes pas encore suffisamment préparés avec notamment les transformations en cours du « faire de l'agriculture » et de « l'être agriculteur ». En effet, l'agriculteur en péri-urbain semble devoir quitter son statut d'entrepreneur agricole producteur de biens alimentaires pour renouer avec celui de paysan, figure plus ou moins gommée par l'industrialisation, le développement du machinisme en agriculture, et les lois successives sur le statut d'agriculteur (Rémy, 2008).

Une approche de l'évolution du monde pour repenser le modèle de l'agriculture urbaine

Une approche évolutive des visions du monde donne un cadre original pour penser différemment l'évolution des systèmes agricoles en général et l'agriculture urbaine en particulier. Rappelons que nous retenons comme définition des visions du monde : « *un système structurant de significations qui informe comment les humains interprètent et co-crée la réalité* » (Hedlund-de Witt, 2013).

Dans la littérature, nous pouvons distinguer quatre grandes catégories de ces visions du monde. La vision classique de l'agriculture incarnant la paysannerie qui a précédé la modernisation et où l'agriculture est réduite à une activité vivrière et peu marchande. La relation avec la nature est mise en avant : la famille et la communauté sont souvent essentielles, ainsi que des valeurs comme la sobriété, l'obéissance, la discipline, la solidarité, l'humilité et le respect de la tradition. Les visions modernes et post-modernes, quant à elles, sont des visions indissociables du progrès scientifique, des sciences agronomiques classiques et où le développement agricole est typiquement cadré par des objectifs de sécurité alimentaire et de souveraineté alimentaire, ou comment nourrir la planète en 2015 (INRA, 2010 ; CGIAR, 2015). Dans ces visions, l'homme autonome – *self-made-man* – a une position centrale. Des valeurs individualistes et hédonistes sont généralement dominantes : liberté, indépendance, succès, performance, reconnaissance sociale, confort, fun.

La vision intégrale, relativement très peu diffusée, transparaît dans des schémas d'agriculture intégrant des dimensions scientifiques et spirituelles. Une caractéristique essentielle est la réflexivité qui synthétise les composantes des autres visions du monde,

éventuellement, considérées *a priori* comme contradictoires : science et spiritualité, logique et imagination, humanité et nature (Esbjörn-Hargens, 2010).

Ainsi, selon l'approche proposée, les transformations de l'agriculture peuvent être pensées en lien avec l'évolution dynamique des visions du monde et des acteurs qui ont des effets sur les composantes techniques et organisationnelles des systèmes de production agricole et réciproquement.

Lorsqu'il s'agit de l'agriculture en ville, la sphère des acteurs n'est plus cantonnée aux agriculteurs, mais intègre d'autres concepteurs de la ville, comme les architectes et les paysagistes. En effet, l'agriculture urbaine prône un processus de planification de la production alimentaire, pensé et mis en œuvre en harmonie avec la nature, dans et avec les communautés avec un fort potentiel de renforcer la cohésion de la communauté (Jarosz, 2008). L'environnement établi et la politique alimentaire se réunissent au point où les architectes et les architectes-paysagistes incorporent les marchés de fermiers, les serres, les paysages comestibles, le paysage perméable, les toits verts et les jardins de la communauté dans le programme architectural. De telles articulations entre les problèmes alimentaires et la forme établie ont le potentiel de transformer non seulement la production et la distribution alimentaire, mais aussi les prétentions de base au sujet de la programmation urbaine exigée dans la conception des bâtiments et des espaces urbains.

Ainsi, avec l'avènement de la diffusion des techniques agronomiques, les visions du monde des acteurs de l'agriculture ont évolué d'une vision traditionnelle dominante à une vision moderne dominante. L'agriculture urbaine, quant à elle, traduit le développement d'une vision post-moderne et l'émergence d'une vision intégrale qui pourrait prendre de l'importance à l'avenir.

Conclusion

L'agriculture urbaine peut faire partie des réponses aux défis posés par nos sociétés. En effet, elle apporte de nombreux avantages environnementaux et sociaux en plus de contribuer à façonner le paysage urbain. Elle devient une composante essentielle de la nature en ville et vient compléter une palette d'initiatives toujours plus diversifiées et innovantes : micro-fermes urbaines, cultures sur toits et balcons, serres urbaines, etc.

L'agriculture urbaine se déploie sous différentes formes allant des techniques s'inspirant des savoir-faire ancestraux (permaculture, maraîchage bio-intensif) à des systèmes de production en laboratoire high-tech qui ont de quoi dérouter tellement ils s'éloignent de l'image de la ferme traditionnelle de nos grands-parents : les fermes verticales.

Notons que par rapport à l'agriculture rurale, l'agriculture urbaine montre des spécificités, notamment ses nouvelles fonctions marchandes et non marchandes, mais aussi ses acteurs aux opportunités d'emploi et de capitaux plus variés qu'en agriculture en milieu rural, ainsi que ses formes d'organisation spatiale et les techniques agronomiques qu'elle déploie. Aujourd'hui, force est de constater que les structures institutionnelles en place ne sont pas adaptées à de tels enjeux, que ce soit à l'échelle internationale, nationale ou locale. La relation Ville-Agriculture serait donc à considérer à l'aune des pratiques sociales et spatiales des acteurs, observées au niveau des stratégies, des savoir-faire et des interactions à l'échelle individuelle et collective (quartiers) dans l'objectif de promouvoir des pratiques agricoles intégrées (socialement, spatialement, politiquement) à l'échelle de la ville.

Références bibliographiques

ARMSTRONG-A, DONNA. (2000). « A survey of community gardens in upstate New York: Implications for health promotion and community development », *Health and Place*, 6, 319-327.

AUBRY, C., & KEBIR, L. (2013). « Shortening food supply chains: A means for maintaining agriculture close to urban areas? The case of the French metropolitan area of Paris », *Food Policy*, vol. 41, 85-93.

BALMER, K., GILL, J., KAPLINGER, H., MILLER, J., PETERSON, M., RHOADS, A., ROSENBLOOM, P., & WALL, T. (2005). *The Diggable City: Making Urban Agriculture a Planning Priority*. Portland, OR: Portland State University Retrieved from <http://www.diggablecity.org/news.html>.89.

BECKIE, M., & BOGDAN, E. (2010). Planting Roots: Urban Agriculture for Senior Immigrants, *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*, 1(2).

- BOULIANNE, M. (2001). « L'agriculture urbaine au sein des jardins collectifs québécois. Empowerment des femmes ou "domestication de l'espace public" ? », *Anthropologie et sociétés*, vol. 25, 1, 63-80.
- BRADLEY, K., & GALT, R. (2013). Practicing food justice at Dig Deep Farms & Produce, East Bay Area, California: self-determination as a guiding value and intersections with foodie logics, Local Environment, *The International Journal of Justice and Sustainability*, 1-15.
- ESBJÖRN-HARGENS, S. (2010). *An overview of integral theory: an allinclusive framework for the 21st century* (resource paper n° 1), Boulder, CO : Integral Institut.
- FEENSTRA, G. (2007). The roles of farmers' markets in fueling local economies, *Gastronomic Sciences*, 1(7), 56-67.
- HANNA, A., & PIKAI, O. (2000). « Rethinking urban poverty: a look at community gardens », *Bulletin of Science, Technology & Society*, 20(3), 207-216.
- HEDLUND-DE WITT, A. (2013). *Worldviews and the transformation to sustainable societies: an exploration of the cultural and psychological dimensions of our global environmental challenges*, Doctoral dissertation, Amsterdam : Vrije University.
- INRA. (2010). *Document d'orientation. Inra 2010-2020. Une science pour l'impact*.
- JAROSZ, L. (2008). The City in the Country: Growing Alternative Food Networks in Metropolitan Areas, *Journal of Rural Studies*, 24(3), 231-244.
- LAWSON, L. (2005). *City Bountiful: A Century of Community Gardening in America*, University of California : Press BOOK.
- MOUSTIER, P., & FALL, S.-A. (2004). « Les dynamiques de l'agriculture urbaine : caractérisation et évaluations », *Développement durable de l'agriculture urbaine en Afrique francophone. Enjeux, concepts et méthodes*, Montpellier, 23-43.
- POULOT, M., (2014). « Agriculture et acteurs agricoles dans les mailles des territoires de gouvernance urbaine : nouvelles agricultures, nouveaux métiers », *Espaces & Sociétés*, 158, 13-30.
- REDLINGSHÖFER, B., (2006). « Vers une alimentation durable ? Ce qu'enseigne la littérature scientifique », *Courrier de l'environnement de l'INRA*, vol., 53, 83-102.

REYNOLDS, K. (2011). « Expanding Technical Assistance for Urban Agriculture: Best Practices for Extension », Services in California and Beyond. *Journal of Agriculture, Food Systems, and Community Development*. Advance online publication.

TRAVALINE, K., & HUNOLD, C. (2010). Urban agriculture and ecological citizenship in Philadelphia. Local Environment, *The International Journal of Justice and Sustainability*, 15(6), 581-190.

Énergie et machine en agriculture : transition, ressources, production, vers un nouveau paradigme

Petros CHATZIMPIROS

Introduction

Cette présentation est une ouverture à un débat, un sujet de chercheur, car ce travail est l'objet d'une thèse de Souhil Harchaoui que je dirige. C'est grâce à lui que je peux vous faire cette présentation.

Nos questions de recherche, ici, sont d'abord les capacités de l'agriculture à nourrir les populations dans la durée. Nous sommes partis de l'EROI, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie investie et l'énergie fournie par l'agriculture ; puis l'efficacité de l'utilisation de l'azote, c'est-à-dire celle des nutriments apportés à partir du rapport entre quantité de fertilisants et protéines récoltées ; ensuite, la caractérisation des changements de régimes énergétiques et alimentaires sur un peu plus de cent ans et la transition vers les sources d'énergie non renouvelables ; enfin le changement dans la chaîne trophique humaine.

Outils de modélisation

Il s'agit d'un travail de modélisation de l'agriculture sur une longue durée, soit environ un siècle (1882-2010), pas davantage pour des raisons de contrainte en données. Nous nous sommes limités à des durées qui correspondent à l'histoire moderne, en France, car nous disposons de toutes les données. On ne peut pas remonter aux périodes préindustrielles même si c'est intéressant de voir la dynamique sur le plus long terme. On cherche à voir s'il y a des changements de régime dans l'agriculture en termes de capacité nourricière, et de dépendance quantifiée aux énergies non renouvelables, et plus généralement à toute ressource non renouvelable qui est un piège, parce que l'agriculture, par définition, doit établir un système renouvelable. À toute époque, on doit pouvoir manger et l'agriculture a accès, plus que toute autre activité humaine, à l'énergie solaire. Pour capter cette énergie solaire par l'agriculture, nous faisons aujourd'hui appel à des énergies non renouvelables qui risquent d'être épuisées dans un avenir proche, de l'ordre de quelques décennies.

Nous utilisons un indicateur qui s'appelle l'EROI, c'est-à-dire le retour énergétique sur l'investissement en énergie. C'est l'équivalent de toute mesure de retour sur investissement, sauf qu'ici la monnaie est l'énergie. Cela mesure la quantité d'énergie qu'on a obtenue dans la récolte divisée par l'énergie qu'on a investie dans le système.

Cet indicateur a été proposé par Charles Hall, chercheur américain, écologue et économiste de l'énergie, en 1972. Il ne l'a pas utilisé au début pour des communautés humaines, mais pour des communautés de poissons et il cherchait à capter, lorsqu'une population de poissons cherche de la nourriture, combien elle dépense d'énergie par unité d'énergie qu'elle récupère. Le rapport trouvé était de 4, c'est-à-dire quatre calories récupérées par calorie dépensée, sachant que la condition de croissance de toute population réside dans ce surplus d'énergie alimentaire.

Nous partons de la production agricole végétale totale, exprimée en Kcal. Une partie est transformée par les animaux d'élevage en viande, lait, etc., l'autre partie est directement consommée par les humains en produits frais ou transformés. À toute époque, une partie de la production totale est réinvestie sous forme notamment de travail dans le fonctionnement de la ferme, à travers l'alimentation des agriculteurs et des éventuels animaux de traction. Aujourd'hui, cette fraction est marginale en Europe en raison de la mécanisation généralisée du travail agricole. Nos travaux montrent qu'elle représentait la moitié de la production de l'agriculture au XIX^e siècle, rentrant donc largement en compétition avec le surplus alimentaire exportable des fermes. Dans une approche à long terme, l'analyse des mécanismes de production et de consommation des ressources en agriculture permet de mesurer l'impact des transitions énergétiques sur la capacité nourricière de l'agriculture.

C'est le surplus exportable des fermes qui permet de nourrir des populations non agricoles au travers de filières nationales ou internationales et qui nourrissaient aussi les animaux de transport urbain (surtout les chevaux), prédécesseurs de nos voitures. Si ce surplus des fermes est supérieur aux besoins du pays, le pays est autosuffisant et peut exporter à l'international. S'il est inférieur, le pays devient importateur net. Tout cela est décrit par un jeu d'équations simples de bilan.

Nous travaillons avec des données statistiques publiées par les anciens appareils statistiques qui existent de manière systématique, en France, depuis 1882. Ces productions brutes

végétales, une fois exprimées en énergie, en Kcal ou en Joule (l'unité d'énergie internationale) permettent d'établir un graphe de toutes les cultures cumulées produites durant une année et sur le territoire. Mais tous les produits agricoles ne sont pas toujours utilisés de manière effective. Il y a des sous-produits : par exemple, on produit du blé pour le grain et non pour la paille, dont la partie utilisée varie au cours du temps. On fait donc des hypothèses qui sont étayées par des données statistiques disponibles sur l'utilisation de produits dont les débouchés ne sont pas aussi évidents que ceci du grain. Par exemple, la part de la paille de céréales utilisée comme aliment de bétail a beaucoup diminué depuis les années 1950 au profit, aujourd'hui, de l'enfouissement des pailles pour le maintien de la fertilité et de la santé des sols. Tant que les rendements agricoles limitaient la production de grains, ceux-ci étaient largement réservés aux humains et les animaux se contentaient de paille.

Parallèlement, les moyens de production sont exprimés en termes de puissances mécaniques pour rendre compte de l'évolution des forces productives. Humains, animaux de trait et machines sont ainsi exprimés en Watt et l'évolution des puissances cumulées totale et par type marque la dynamique des transitions. Les tracteurs remplacent les animaux de trait en trente ans à partir des années 1950 et les moissonneuses-batteuses dont le nombre est faible, mais les puissances unitaires très considérables permettent de moissonner toute la production française de grandes cultures en un à deux mois. En un quart d'heure, une moissonneuse-batteuse moissonne un hectare de céréales. En passant par le nombre d'heures d'utilisation de chaque moyen de production, on arrive à estimer la consommation énergétique associée. La fiabilité des chiffres utilisés doit être vérifiée et évaluée.

Comme nous nous intéressons à la fois à l'énergie et aux nutriments, ce mode de calcul a été répété en unité d'azote. L'azote provient de la fixation biologique à travers l'activité symbiotique des légumineuses, des dépôts atmosphériques (mineur aujourd'hui, mais essentiel en préindustriel) et de l'industrie chimique de synthèse d'engrais azotés. S'y ajoute la quantité d'azote qui rentre dans le pays sous forme d'aliments pour l'élevage, notamment du soja importé très massivement aujourd'hui d'Amérique du Sud. En comparant le cumul des entrées d'azote avec la production agricole exprimée également en azote, on obtient l'efficacité totale de conversion d'azote de l'agriculture qui est une mesure phare de la

performance écologique de l'agriculture et de sa contribution aux impacts environnementaux multi-échelles d'aujourd'hui.

Nous avons calculé sur les mêmes durées l'efficacité de transformation d'énergie du cheptel. Pour une unité alimentaire fournie, il existe une ration dépendant de l'espèce. La vache a besoin de beaucoup plus de calories d'origine végétale pour fournir une calorie de viande que le poulet (7-10 pour les bovins ; 3,5 pour le porc ; 2 pour le poulet). Dans la figure d'en bas, on a calculé la production d'énergie des champs au cours du temps, soit prairie, céréales, légumineuses, et autre production. Les prairies qui étaient plus productives que les céréales, à la fin du XIX^e siècle, ont été dépassées par les céréales dans les années 1960-1970 du XX^e siècle, même si les deux courbes montrent des croissances. La production nette augmente moins fortement. Cela vient en partie d'une transformation de la récolte en produits pour animaux, la productivité en calories de chaque hectare diminue, car un animal consomme plus de calories qu'il n'en produit, ce qui donne la ligne rouge qui est le nombre de Joules ou Kcal produites en moyenne par hectare.

Les résultats de la modélisation

Tout ceci nous permet de montrer la transition énergétique de la ferme et l'EROI de l'agriculture. Tout est exprimé en énergie primaire, c'est-à-dire l'énergie produite en amont indépendamment des ratios lors des transformations dans la chaîne de production. Et cela en comptant tout, à la fois le fuel, le fourrage et les autres énergies. Nous sommes passés du régime de traction animale, où l'on voit le type d'énergie utilisée dans ce cadre, au régime de la mécanisation où la majeure partie est prise par le fuel et les tracteurs, ainsi que l'énergie incorporée dans les engrais azotés importés.

On peut ainsi calculer l'autonomie énergétique de l'agriculture française. La ferme France est passée de 100 % d'autonomie jusqu'aux années 1950 à presque 0 % aujourd'hui. La dépendance concerne un recours massif aux énergies fossiles. De son côté, l'EROI est passé d'une valeur très stable jusqu'aux années 1950, de l'ordre de 2, à une valeur comprise entre 3 et 4, selon les années. C'est 4 lors des très bonnes années, à 3 en 2016 ou la baisse de production de céréales a dépassé 30 %. L'EROI reflète l'efficacité du système productif, mais il ne veut rien dire du point de vue de la durabilité de l'agriculture. En effet, tout dépend des sources d'énergie. L'augmentation de l'EROI vient, d'une part, du fait qu'une machine

agricole est plus efficace qu'un animal ; pour une quantité d'énergie absorbée donnée, elle fournit plus de travail. C'est normal, ce n'est pas un être vivant. Toute son activité est dédiée à la production, alors qu'un être vivant a un coût métabolique constant indépendamment de son travail. D'autre part, l'augmentation depuis les années 1970 traduit l'amélioration de l'efficacité de l'azote. Vous voyez que l'augmentation de l'efficacité signifie ici des économies d'une matière dont le « contenu » énergétique est élevé.

Une autre question cruciale est : comment a évolué le surplus des fermes, c'est-à-dire la capacité nourricière de l'agriculture, au cours du temps ? Quel est le lien avec les transitions en termes d'entrées de ressources qu'a connu le système ? En effet, le surplus a augmenté en parallèle avec la productivité du système et à mesure de la baisse de son taux d'autonomie. La France était en régime d'autosuffisance jusqu'en 1950 environ, c'est-à-dire que l'agriculture était capable de nourrir le pays, même lors de mauvaises années en règle générale, de même que cette agriculture était elle-même autosuffisante. Elle consommait la moitié de l'énergie qu'elle produisait pour assurer ses besoins énergétiques de traction et autres travaux pour la production. À partir des années 1950, il y a transition vers un régime d'exportation croissant, mais très dépendant d'énergies fossiles importées. La part réinvestie du produit énergétique de l'agriculture est aujourd'hui très marginale, ce qui revient à ce que la quasi-totalité de la production soit dégagée comme surplus alimentaire.

En conclusion, la production primaire agricole est restée approximativement stable depuis cent trente ans, avec une augmentation d'environ 20 % depuis cinquante ans. Jusque dans les années 1950, nous étions dans un régime d'autosuffisance agro-énergétique et nous sommes passés à un régime de dépendance quasi totale aux ressources fossiles, ce qui est problématique du point de vue de la durabilité future. Dans une projection sur un futur sans énergies fossiles, cela pourrait compromettre la capacité nourricière de la France, et particulièrement l'exportation sinon la consommation nationale, car une grande partie de la production nette devra être réinvestie au système pour assurer ses besoins énergétiques de fonctionnement.

Références bibliographiques

HAMILTON, A., BALOGH, S.-B., MAXWELL, A., & HALL, C.-A.-S. (2013). *Efficiency of Edible Agriculture in Canada and the U.S. Over the Past Three and Four Decades*.

ODUM, H.-T. (1971). « High yields were an illusion [...] people are really eating potatoes made partly of oil », *Environment, Power and Society*.

PIMENTEL, D., & PIMENTEL, M. (2008). *Food, Energy and Society* [3rd Edition].

SMIL, V. (2002). *Nitrogen cycle and world food production*.

SOCIEDAD DE ESPAÑOLA DE HISTORIA AGRARIA i.e. (2015). Widening the analysis of Energy Return on Investment (EROI). In *Agro-ecosystems: Socio-ecological transitions to industrialized farm systems* [the Vallès County, Catalonia, c.1860 and 1999].

STEINHART, J.-S., & STEINHART, C.-C. (1975). *Energy use in US agriculture*.

L'invention du métier de berger de robots en viticulture

Xavier DAVID BEAULIEU et Arnaud DE LA FOUCHARDIERE

Château Coutet à Saint-Émilion

Pour se remettre dans le contexte de l'entreprise viticole, Château Coutet est une très vieille propriété familiale dans notre famille depuis trois ou quatre cents ans. Dans sa partie récente, tout au long du xx^e siècle, la propriété était gérée par les trois sœurs de mon grand-père, pendant qu'il était administrateur en Indochine. Ces trois sœurs nées au xix^e siècle ont utilisé les techniques culturales qu'elles connaissaient, celles du xix^e s. Notre père a pris la relève, la dernière des sœurs étant morte en 1992, puis après, mon frère, puis je l'ai rejoint en 2004. En fait, on s'est rendu compte que l'endroit avait été cultivé, sans qu'on le veuille vraiment et sans qu'on le choisisse, en bio depuis toujours. Par exemple, on a eu des chevaux jusqu'en 1982-1983. Gamin, j'ai labouré au cheval. On est passé à notre premier tracteur quand nos voisins en étaient à leur quatrième enjambeur : on était complètement décalé du fait de notre histoire familiale. En fait, quand on a découvert, entre guillemets, que l'endroit était bio et que ça faisait quelque part la démonstration que des gens pouvaient vivre sur place en entretenant un biotope de façon un peu originale, on a décidé de continuer. On a en quelque sorte sauté une étape et nous n'avons pas eu de reconversion. Quand on a demandé la certification, on nous a annoncé trois ans de conversion minimum. On leur a dit on a répondu : « *Nous avons 2 000 ans, ça vous fait quoi...* » C'était aussi notre optique de ne pas détruire notre biotope. Vous voyez, tout autour, le terroir de Saint-Émilion, des vignes, des vignes et des vignes... Un des rares endroits où il reste un paysage bocager avec des murs en pierres, des haies, des bosquets, c'est à Coutet. On pense que la pérennité de ce vignoble en bio est probablement due à tout ce système qui entoure les vignes dans lequel sont présents les prédateurs et les prédateurs des prédateurs de la vigne. On n'a jamais d'invasion d'insectes, même à l'époque des araignées rouges dans les années 1975-1980, alors que les voisins étaient ravagés par ce prédateur. En effet, dès qu'un nouvel arrivant s'installe, sa population est très rapidement régulée par les oiseaux insectivores qu'il y a dans le coin et par le système entomologique local. Il y a de la concurrence. C'est comme une boîte de pétri

qui est colonisée par une foultitude de bactéries : un nouvel entrant et sa population ne peuvent pas exploser. Tout s'autorégule. Le corollaire un peu négatif de cela est que l'on a des rendements qui sont en moyenne moindre que ceux de nos voisins. Mais on utilise très peu de fertilisants. On a la comptabilité du château depuis 1809 : on constate que l'arrière-arrière-grand-père faisait 32 hectolitres/ha, et que nous en faisons aujourd'hui 35. Sur la période, ça tourne autour de ces valeurs, ce qui veut dire que le système est autostabilisé avec ce rendement. Après, il faut que les gens soient capables de vivre, avec ces rendements, ce qui est un autre problème. À Saint-Émilion, on valorise le vin mieux qu'ailleurs et heureusement, car sinon on ne pourrait pas se permettre ce genre de chose. Donc, je ne jette pas la pierre à ceux qui utilisent des techniques plus « rentables », car il faut équilibrer économiquement le système. L'agriculture, c'est tout sauf écrit d'avance.



Des difficultés du désherbage mécanique dans la vigne

Alors, je suis remonté sur le tracteur. J'avais quitté les chevaux et les tracteurs, car à Coutet, on a utilisé les chevaux très tard et gamin, j'ai labouré les vignes au cheval. Je savais ce que c'était de chausser et déchausser. Je n'en avais pas gardé un très bon souvenir. C'était quelque chose de très fatigant, mais pas spécialement épouvantable. En revanche, je n'avais jamais labouré et décavaillonné au tracteur. Et, quand je suis revenu avec mon frère, un des premiers travaux qu'il m'a donné était de prendre le tracteur pour aller chausser et déchausser. Et là, sortant du cheval vingt-cinq ou trente ans avant, je me suis dit : « *Super !* ». En fait, je me suis vite rendu compte du capharnaüm : labourer les vignes, pas le plein champ, chausser et déchausser. C'était un vrai cauchemar. Je me suis dit : « *Vu qu'on était un peu arriéré en Coutet, on utilise les vieilles techniques. Peut-être que nos voisins à côté, qui sont tous très riches, très célèbres et bien nantis en matériel, ont des équipements beaucoup plus adéquats que notre vieille interligne.* » Alors, j'ai commencé par essayer tout un tas d'outils que me prêtaient mes voisins sur le tracteur, sur l'enjambeur, sous l'enjambeur,

devant, derrière, sur l'interligne, au milieu, pour finalement me dire que rien ne marchait. Ça marchait plus ou moins bien, mais rien ne marchait franchement. En fait, la mission de l'agriculteur, c'est simplement de gérer la compétition entre sa plante – la betterave, la tomate, la carotte ou la vigne – et les plantes concurrentes. Voilà son travail. Alors, on a inventé le labour qui est un moyen très lourd pour le faire. Dans la vigne plus particulièrement, on passe un coup de charrue. On lève la terre. On fait une butte. On laisse l'herbe s'implanter sur cette butte. On repasse deux mois plus tard. On a fait une butte pour pouvoir la détruire, parce qu'on ne sait pas labourer en creux, c'est très compliqué. On passe ainsi notre temps de vie d'agriculteur à créer et à casser des buttes. Or, la finalité ce n'est pas ça, c'est bien de contraindre l'herbe. Donc je me suis dit qu'on allait essayer de trouver des moyens pour faucher l'herbe. À ce moment-là, j'ai essayé les moyens sur le tracteur en évitant les pieds de vignes. J'ai commencé par faire une première machine montée derrière le tracteur qui évitait électriquement les pieds de vigne. Cela marchait assez bien, mais rien de super. Et puis, je me rends compte que le travail n'était pas très précis. Vous avez un pied de vigne tous les un mètre vingt, donc il faut slalomer à côté de ces pieds de vigne, avec un tracteur qui pèse deux tonnes, et un outil ayant un porte-à-faux d'un mètre cinquante derrière. Dès que l'on fait un mouvement de volant, on prend un angle tel qu'on arrache des pieds de vigne derrière. Le problème, ce n'est pas tellement l'outil, ni le tracteur, ni le tractoriste. C'est le concept général.

Si vous comptez qu'il lui faut trois ou quatre ans pour produire un pied de vigne, pour s'en occuper, le replanter. C'est un peu délirant. Le vrai coût du travail du sol, ce sont les pieds arrachés. Alors, on comprend pourquoi le *Round up* fait un carton : deux coups de *Round up* suffisent à se débarrasser des adventices. Aujourd'hui, on est au moment où les viticulteurs ont pris conscience et sont décidés, sans oublier la pression des consommateurs qui les y poussent, à diminuer l'utilisation du glyphosate et autres herbicides. Si l'on a plus de glyphosate, il faut remonter sur le tracteur et donc je ré-arrache mes pieds de vigne... il n'y a pas d'autres solutions. C'était une sorte de fatalisme : j'ai une charrue, j'arrache des pieds de vignes, mais je n'ai pas le choix. À la fin de l'hiver, au mois de février, vous avez des tas de pieds de vigne : « *Ci-gît les pieds de vigne morts par la décavaillonneuse.* » Pour un outil comme la charrue décavaillonneuse, tout le monde réfléchit de la même façon. Or, quand on réfléchit en micro ou milliwatt, on ne parle pas de la même chose. Il aurait fallu tomber sur

un viticulteur un peu électronicien, un peu roboticien. Le milieu de la vigne est foisonnant de gens innovateurs avec de super idées, mais la base de la réflexion, le précepte de base, c'est : *« J'ai un problème OK. J'ai un tracteur OK. Quel outil dois-je mettre derrière le tracteur pour régler le problème ? »* On ne réfléchit pas en dehors de ce triptyque-là. Or, ici, la rupture, c'est de dire : *« Le tracteur est le problème. Partons du principe que je ne dois pas l'utiliser. Si je m'en débarrasse, quels problèmes aurais-je à régler ? Quelle est la solution technique la plus adéquate pour régler ce problème ? »* C'est même bien plus pervers, car lorsque l'on a un nouveau problème, on a tendance à imaginer un nouvel outil, bien plus énergivore que notre tracteur. Parallèlement à ça, quand un agriculteur s'équipe, il achète un tracteur dont la puissance dépend de la plus grosse charge de travail qu'il aura à lui demander pendant l'année. Par exemple, sur l'année, j'ai besoin de 35 chevaux pour travailler, mais pour sortir la souche de mon gros chêne abattu là-bas, je vais avoir besoin de 150 chevaux, donc j'achète un tracteur de 150 chevaux que j'utilise au mois de novembre pour ma souche.

Puis, à partir du moment où j'ai cet outil qui me permet de développer 150 chevaux, je mets des outils derrière qui vont utiliser cette puissance. Et, je m'habitue à cette espèce de frénésie. S'associer à des agriculteurs qui ont cette culture de la grosse machine, sachant que beaucoup ont voulu être agriculteur pour avoir un tracteur un peu plus gros que celui de papa, n'est pas possible, de même, les industriels, qui reviennent après avoir fait fortune quelque part, et se font honneur de conduire leur tracteur eux-mêmes.

Donc réfléchir avec ces personnes en se disant : *« On ne va pas consommer 22,3 watts, mais 22,2 watts ! »* Cela ne marche pas. Les viticulteurs sont ouverts à des solutions innovantes amenées, mais ne sont pas capables eux-mêmes de transformer leur machine, du cheval-vapeur au milliwatt. Leur processus intellectuel et leur mode de fonctionnement ne leur permettent pas de réfléchir « très basse énergie ». C'est un très gros travail, car la case « robotique agricole », très petits engins vs très gros engins, n'existe pas dans la tête de l'agriculteur lambda.

Les prémices de l'idée

J'ai eu l'idée du robot dans une parcelle ayant une pente et une contre-pente, avec un tracteur qui passe à ras de chaque côté, et des pieds de vigne que l'on blesse ou que l'on touche très souvent. Bref, un vrai cauchemar ! À un jour, j'ai planté le tracteur au milieu de la vigne et je suis revenu l'après-midi, en imaginant surtout de faire autrement. Avec un cheval, on va lentement, mais le travail est satisfaisant, car lorsque vous décavaillonnez, le cheval a sa propre appréhension de la force qu'il déploie pour sortir le cavaillon et si cette force, à un moment donné, dépasse un peu sa limite, le cheval s'arrête. Donc vous n'arrachez pas le pied. Vous lui mettez juste un petit coup. Vous-même vous manipulez une charrue derrière le cheval dans la vigne, comme un bateau : c'est laborieux, lancinant, mais c'est aussi instinctif, donc vous cassez très peu de pieds.

Mon grand-père a vécu en Indochine pendant quarante ans et mon père y est né. Lors d'un voyage au Vietnam, devant le mausolée d'Ho Chi Minh à Hanoï, j'ai eu la certitude que cette approche micro de la robotique tenait la route. En fait, devant ce mausolée, il y a un parc fabuleux, avec des ondulations d'herbes et des massifs. Je me suis demandé comment ils entretenaient ce parc. Il n'y avait pas de machines. Je vois trois Vietnamiennes assises dans l'herbe avec le chapeau pointu de rigueur, un bol de riz, une paire de ciseaux qui discutaient. De temps en temps, elles arrêtent de discuter puis coupent, coupent, coupent. Avant de s'arrêter pour manger un peu, puis de se remettre au travail. Vous passez à 6 heures du matin, il y a trois Vietnamiennes. Vous passez à midi, il y a trois Vietnamiennes, idem à 18 heures et ainsi de suite : il y a tout le temps quelqu'un. L'intégrale de ce micro-travail très peu énergivore – quelques bols de riz – qui ne demande pas de réflexion particulière finit par faire un boulot absolument fabuleux. En rentrant, je me suis dit : *« Je ne peux pas me payer des travailleurs de ce type, mais je peux éventuellement fabriquer une "paire de ciseaux automatique". »* J'avais la certitude que cette approche était la bonne. Une toute petite intégrale de travail et de temps sur une très longue période : ΔT multiplié par l'infini, ça fait du boulot. Le big data s'est imposé après. À un moment donné, il faut une centralisation de cette information, car il fallait mutualiser la connaissance de chaque robot pour éviter que les robots ne repassent aux mêmes endroits.



Le prototype du robot, en rupture avec le décavaillonnage et l'approche micro

Donc après l'idée d'une toute petite machine-robot pour réduire la hauteur de l'herbe, l'objectif est de l'adapter à la tâche souhaitée. Alors j'ai essayé les robots classiques de tonte de jardin, mais ils ne sont pas du tout articulés et ne font pas un mètre dans la vigne. Jusqu'au moment où lors d'un concours d'innovation dans la région, j'ai proposé l'idée d'une petite machine-robot de tonte agricole, un 4X4, solaire, soit les prémices du VITIROVER. Je me disais : « *On va bien voir comment c'est reçu par la communauté agricole et para-agricole de la région.* » Au final, cette vague idée-concept a été lauréate du concours devant Vaslin Bucher et d'autres grosses boîtes et l'idée a séduit à peu près tout le monde ! Nous étions en 2008. Avec Arnaud de la Fouchardière, ami depuis trente ans, nous avons commencé à gamberger sur un possible business plan autour de cette activité. Le fait d'être lauréat du trophée Œnovation a permis d'avoir un espace d'exposition à VINITECH, le salon du machinisme viticole. Mais, on n'avait strictement rien à présenter, donc j'ai pris un modèle réduit de char Renault de la guerre 14-18, un jouet, devant lequel j'ai mis un Giro-broyeur, des pieds de vigne, monté sur de la fausse moquette, histoire d'avoir un stand, car je n'avais rien. À 10 heures du matin, il y avait la queue devant le stand : curiosité oblige. Je me suis rendu compte que cette approche micro, par rapport aux tracteurs gigantesques de VINITECH ou aux pulvérisateurs monstrueux... ne rebutait pas du tout. Dans la tête des gens, ça faisait partie des possibles. Après, il a encore fallu deux ans pour techniquement vérifier qu'il n'y avait pas de murs technologiques : que le GPS de l'époque permettait d'avoir la précision suffisante ; que les panneaux photovoltaïques fourniraient une énergie compatible avec la tâche qu'on voulait remplir, etc. Tout un ensemble de petites objections techniques à lever. Ce n'est qu'en 2010-2011 que l'on a effectivement monté l'entreprise VITIROVER et commencé à lever des fonds petit à petit pour avancer.



La logique de conception du robot : partir d'un problème concret à résoudre

Qu'est-ce qu'un robot ? J'aime bien cette équation : « *C'est le temps d'autonomie du robot rapporté au temps d'intervention humaine.* » Si vous avez une pelle ou une pioche, le temps d'efficacité de la pelle est le même que celui du temps humain, donc le ratio est de 1. Si vous avez une machine à laver, 10 minutes pour la charger, 2 heures de travail, le ratio est de 5 ou 6. Pour un robot, l'idée est d'avoir un temps de travail très long et un temps d'intervention humaine le plus court possible. Plus on va se rapprocher de l'infini, plus on aura de vrais robots. Pour le moment, des vrais robots n'existent quasiment pas. La vigne étant par principe assez loin du lieu où travaillent les personnes, il faut faire en sorte de les envoyer le moins souvent possible auprès du robot ou à des fins parfaitement définies.

Il y a deux manières de voir les choses dans la robotique comme ailleurs : soit vous faites du *top-down*, soit vous faites du *bottom-up*. Nous avons fait du *bottom-up*. Nous sommes partis d'une problématique : il doit fonctionner de manière autonome, collecter son énergie solaire, fonctionner en plein champ dans des espaces qui sont couverts par du GPS et coûter 4 000 euros/ha avec un objectif de 2 000 euros/ha en exploitation industrielle pour pouvoir être vendu. On fait ici de la post-rationalisation, car les choses se construisent au fur et à mesure. Notre grande différence avec la star des robots – le Nao d'Aldebaran Robotics – est qu'ils ont construit un beau robot humanoïde, et après ils se sont demandé ce qu'ils allaient faire avec. Maintenant, leur problème est qu'ils n'ont jamais vraiment trouvé. Nous avons fait l'inverse. Nous sommes partis de l'idée d'un viticulteur avec sa problématique pour créer une équation théorique, autonomie/format, etc., et sur cette base-là, construire quelque chose. Voici notre différence et notre force face à tous les grands constructeurs de matériels agricoles, qui ne manqueront pas, le jour où ils voudront venir à la robotique, de tenter de diminuer un engin existant au lieu de partir d'une page blanche et de reconstruire quelque

chose tranche par tranche. C'est très important, car les constructeurs ne sont pas capables de penser dans cette logique-là. Les deux ou trois tracteurs électriques qui existent ont des châssis déjà existants et seul le gasoil a été remplacé par l'électricité, et le résultat n'est pas convaincant. Il ne peut pas y avoir d'invention qui « *downsize* » quelque chose déjà existant.

L'invention VITIROVER : vers un design de nécessité

L'invention de VITIROVER n'a pas été un processus linéaire avec un algorithme bien suivi. La vigne elle-même nous impose des dimensions, réglées par le passage le plus étroit dans lequel doit se faufiler le robot. Cela donne la largeur du robot : il doit être capable de passer entre deux pieds de vigne ou entre un piquet et un pied de vigne. C'est imposé par l'agronomie de la vigne. Ensuite, la hauteur est réglée par un fil sur lequel on accroche la branche de vigne, ce qui donne la hauteur maximale, compte tenu des déclivités du terrain : il faut que le robot soit de « telle hauteur » pour passer dans tous les cas de figure sous le fil le plus bas, contrainte que l'on rencontre dans les millions d'hectares de vigne dans le monde. C'est une moyenne, bien sûr, car il existe de nombreuses exceptions. On a maintenant la largeur, la hauteur. Il ne manque plus que la longueur qui est réglée par les deux paramètres précédents, car une fois qu'on a la voie, l'empâtement est lié aux deux autres paramètres. Petit à petit, on a convergé vers un prototype. Je vous fais cette explication *a posteriori*, car si j'avais été capable de faire ce raisonnement il y a cinq ou dix ans, on serait directement arrivé à ça (photo du VITIROVER) plus vite, mais on y est arrivé, malgré ces contraintes techniques. Une fois que l'on a toutes les dimensions, on a essayé d'installer un panneau solaire. Étant notre collecteur d'énergie, il devait avoir la plus grande taille possible pour exploiter au maximum la surface exposée au soleil. Au final, l'invention technique de VITIROVER a répondu à un design de nécessité : c'est l'anti-design, l'anti-fioritures. C'est la nécessité faisant loi. Tout ceci donne le format, la largeur, la hauteur, la longueur, en sachant que l'on avait toujours en tête l'idée de trouver une espèce d'idéal entre ça et la plus grande largeur possible pour avoir le plus grand panneau solaire, car tout l'enjeu restait l'autonomie. On voulait que le robot puisse collecter un maximum d'énergie pour travailler tout seul. C'est cette espèce d'équation qui donne ce design de nécessité. On prend toujours l'exemple des cathédrales. C'est vrai que les cathédrales romanes ont elles

aussi un design de nécessité et c'est sublime : l'arche, les arcs-boutants sur le bord, etc. Après, concernant le gothique ou le gothique flamboyant, ça commence à être un peu dingue pour se terminer à la Sagrada Família à Barcelone, avec partout de petites fioritures. Le robot VITIROVER représente le design du minimum, une recherche de l'atome, un besoin d'éliminer le maximum de pièces, parce que plus facilement il se déplacera et moins il consommera d'énergie. De la même manière, supprimer des pièces suppose supprimer du poids. Et, en permanence, les ingénieurs ont eu cette quête du microwatt qui tient au microgramme : c'est rare d'avoir des ingénieurs avec cette vision. Dans le milieu du machinisme agricole, ce n'est pas habituel. On fait des machines de plus en plus grosses, et s'il faut plus d'énergie, on mettra de plus gros réservoirs, avec des moteurs plus performants, donc il n'y a pas de problème. Alors qu'ici c'est la quête du minimum, ce qui représente un énorme travail. C'est étonnant de voir cet état d'esprit dans notre société moderne. Par exemple chez Pellenc où une centaine d'ingénieurs font de la recherche et du développement, pas un seul n'a été capable de comprendre cette logique, car ils travaillent tous dans une logique de gros engins, à forte consommation d'énergies fossiles, avec d'énormes réservoirs, des poids lourds. Leur logique, et on la voit dans les salons : c'est toujours plus gros, plus consommateur d'énergie, et de plus en plus rapide, avec des démonstrations à une vitesse de 6 km/h qui sont des performances. Alors qu'avec le VITIROVER au contraire, c'est tout petit et très lent. Il se déplace à 200 ou 300 mètres par heure. En fait, on le compare à Curiosity de la NASA en termes de consommation électrique. Lui aussi a une consommation électrique très faible, de l'ordre du watt/kg, sauf que Curiosity se déplace 100 mètres par jour et sur Mars ! Quand on raconte ça aux viticulteurs, on voit bien que ce n'est pas du tout spectaculaire. Il faut aussi changer de braquet dans sa tête pour regarder cet engin fonctionner. Plus la tondeuse va vite et plus le travail sera impressionnant, car la logique du viticulteur est un nombre d'hectares traités par jour. Alors que pour le robot viticole, le travail est permanent avec une logique qui est toute différente : on l'installe au mois de mars et il reste jusqu'au mois d'août tout seul dans la parcelle. Encore une fois, la logique globale est un élément de l'équation, et fait que l'objet « robot viticole » est très spécifique par rapport au matériel traditionnel.



Le travail du robot

Quand vous mettez la machine quelque part, elle s'identifie comme étant dans une parcelle. Elle sait qu'elle est passée là avant-hier et qu'elle y a dépensé tant de watts. Elle sait qu'elle s'est déplacée là la semaine dernière et qu'elle y a dépensé tant de watts, et ainsi de suite. Donc elle établit un damier où chaque case porte en valeur un indice dépendant de la date de dernier passage et de l'énergie dépensée. Donc il y a des carrés qui sont plus ou moins gris, plus ou moins verts, etc. Comme dans votre jardin, là où vous êtes passé il y a trois jours, ce n'est pas trop la peine. En revanche, là où vous êtes passé il y a une semaine, ça vaut le coup. La machine suit l'historique de ce qu'elle a fait à l'intérieur, et chaque fois qu'on la met au travail quelque part, en fonction du damier elle sait ce qui lui reste à faire et où aller. Comme elle mesure sa puissance instantanément, elle apprécie quelque part la vitesse de croissance moyenne de l'herbe. Plus elle rencontre de résistance à la tondeuse, plus l'herbe a poussé. Globalement, le principe, c'est qu'une parcelle de 20 000 mètres carrés est divisée en 1 000 sous parcelles de l'ordre de 10 mètres carrés. Chaque parcelle est pondérée par le moment où le robot y est passé la dernière fois, le temps passé dessus et l'énergie consommée, soit l'herbe qu'il a coupée. Le calcul est refait automatiquement et en permanence à l'intérieur des coordonnées GPS de la parcelle par le robot, qui du coup se fixe des caps vers une sous-parcelle de 10 mètres carrés dans laquelle il a passé moins de temps et qui donc est sous-pondérée par rapport au reste de l'espace. Et en y allant, il va rencontrer des obstacles puisqu'il va aller au contact du pied de vigne, à l'endroit où la concurrence est la plus importante, car le risque de blesser ou de couper le pied de vigne est nul. L'enjeu est sous le rang, car entre les rangs le travail est facile, là où la concurrence avec la vigne est principale : donc le robot va passer 80 % de son temps sous le rang dans la mesure où entre les rangs, il ne fait que passer. Il faut aller chercher l'herbe très près du pied de vigne, car

l'herbe, vectrice de maladie, est la plus concurrentielle. Donc peut-être qu'environ 8 dixièmes de l'énergie dépensée se font autour du pied. Mais il y a, dans les vignes qui nous intéressent, dix mille obstacles par hectare : 6 600 pieds, plus environ 20 % de piquets, soit un obstacle toutes les 8 ou 10 secondes, ce qui est énorme. Une des grosses difficultés a été de résoudre la résistance mécanique avec un engin qui a un accident toutes les 8-10 secondes et, en même temps, lui donner une espérance de vie de plusieurs années.

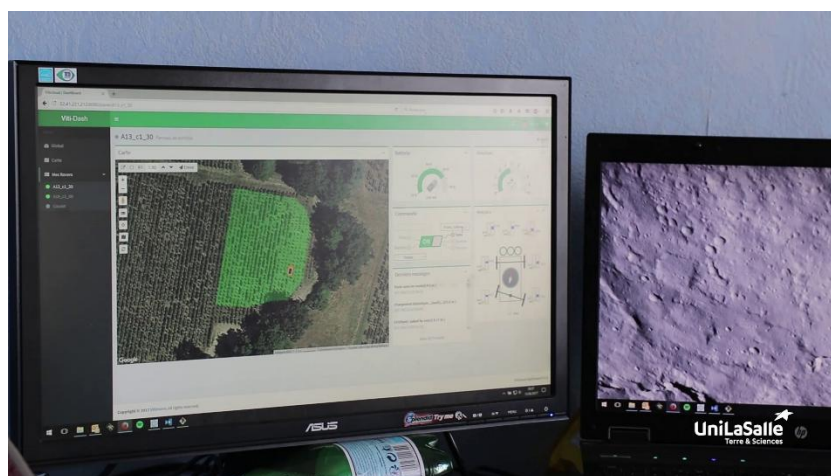


L'émergence d'un nouveau métier : berger de robots

Progressivement, on est arrivé à la notion de berger de robots. Cette idée du berger de robots est venue parce qu'à l'origine, on comparait le robot à un mouton. J'avais fait des affiches pour les salons où je montrais des moutons avec un robot, que les visiteurs identifiaient naturellement avec l'animal. Les robots sont interconnectés. Ils ont une intelligence collective qui leur permet de savoir ce qu'ils ont fait et où ils sont déjà passés. L'objectif des robots est de tondre indéfiniment sans souci. On crée un outil. Il faut donc créer les usages de cet outil, avec le ou les métiers qui vont avec. Le premier métier reste la tonte, mais il faut imaginer tout le reste. Il faut créer le porte-outil, l'ensemble des petits assistants qui permettront au mieux d'utiliser cet outil. Ce qui est long dans le travail du robot, c'est le déplacement, depuis la bergerie jusqu'au champ. Ce temps de déplacement reste très long pour un temps d'intervention court si le robot est bloqué entre deux piquets par exemple. Quand le berger va dans le champ pour soigner l'animal, il lui faut les bons outils. De même, on rajoute régulièrement des petits outils logiciels pour pouvoir rendre efficace le temps du berger de robots. Le rôle du berger est d'être connecté avec chacun de ses robots. Il doit être capable de voir sur son écran que celui-là a le moteur de tondeuse gauche bloqué, etc. Il va alors prendre la main sur son ordinateur et débloquer la tondeuse.

Ou bien il peut s'apercevoir qu'il est coincé dans un trou ou qu'il s'est pris dans une culée, il va devoir le débloquent au joystick, à distance, où qu'il soit dans le monde. Ou encore, comme le berger qui a envoyé son chien pour ramener la brebis égarée, si par hasard il y a un agneau qui s'est coincé dans une pierre, il va y aller lui-même et il va le ramener. C'est exactement la même logique. C'est ainsi qu'on se rend compte en communication, dans le cadre de l'ouverture de cette case « robotique viticole », que cette explication, qui correspond à un vocabulaire connu, a une logique ancestrale qui fonctionne très bien même avec des robots. Ce mixte, en termes d'explication de notre concept et de communication, permet de comprendre le concept du berger de robots.

Le métier de berger de robots ne peut se faire sans le recours au *cloud*. Le *cloud* chez nous est hébergé par Amazon et on loue également des machines linux. Le corollaire intéressant de cette utilisation du *cloud* est que le vol du robot n'est pas un problème, car on ne peut pas l'utiliser sans le recours au *cloud* que l'on contrôle. Les robots sont tracés et on sait précisément où ils sont. Les alternatives seraient de petits hébergeurs de *cloud* en France. De toute façon, toutes nos données sont transférables en peu de temps si besoin.



Le robot viticole : un modèle d'affaires à inventer

Notre business model idéal est une surface de 100 hectares avec un robot pour deux hectares, donc 50 robots et un berger. Le berger étant le garant de notre engagement de résultat vis-à-vis de l'agriculteur. On prend un engagement de résultat : « *Vous n'avez pas de matériel à acheter. C'est nous qui vous l'apportons.* » On met ainsi en place un service qui coûte environ 2 000 euros par hectare et par an. À ce prix-là, le seul problème de notre client sera de nous préciser la hauteur maximum de son herbe et nous prenons l'engagement de la

maintenir au niveau demandé. Tout le reste, le paiement de la machine, le service après-vente, la garantie, l'entretien, les pièces détachées, c'est pour nous. Donc à nous de construire un discours ou une justification la plus rationnelle possible, tant sur le plan agronomique, que sur le plan écologique et économique. Il faut essayer d'additionner, de synthétiser dans les flyers, etc. pour se présenter sur les salons, avec à chaque fois une logique différente. À chaque fois, les gens viennent par curiosité : « *VITIROVER, on vous a vus dans la presse, sur des couvertures de journaux...* » Notre quête a consisté pour commercialiser et avoir nos premiers clients et les premiers prospects à trouver les *early adopters* (les adopteurs précoces), c'est-à-dire trouver les gens qui sont des innovateurs dans ce milieu viticole. Ces leaders d'opinion sont, ou bien des originaux, ou bien les gros entrepreneurs. Pourquoi ? Parce qu'ils ont des problématiques industrielles et qu'ils doivent trouver des solutions industrielles. Ils ne raisonnent pas par rapport à ce que faisait leur père ou autres. Ce sont des gens qui ont fait vos écoles, qui sont des dirigeants d'entreprises agricoles, dans lesquelles ils ne sont pas impliqués familialement. Ils ont des comptes à rendre et doivent briller dans leurs conseils d'administration. C'est la logique business qui aide à l'adoption de ce type de matériel. Ces gens-là vont vouloir les adopter parce qu'en communication, ils ont compris que cela pouvait entraîner des articles dans la presse, des caméras dans les champs... Il y a toute une démarche. À la fois, c'est compliqué de mettre au point une telle machine, et difficile de lui trouver son marché, car il faut une révolution intellectuelle dans la tête des agriculteurs. Trois étapes sont essentielles : une énorme rupture dans l'invention ; ensuite un grand travail de mise au point – six années, cinq générations de prototypes – pour arriver à un produit qui soit opérationnel ; et puis, il faut faire avec les doutes de chacun – « *ça ne marchera jamais...* », comme dans la publicité de Renault. Puis, à un moment donné, des innovateurs vont mettre en place une innovation et cela va créer un cercle vertueux.

Le chemin vers l'optimisation

Il faut partir et construire une théorie sur cette nouvelle base de robotique, mais ça prend du temps, assurément cinq à dix ans, avec des étapes de simulation pour des prototypes virtuels afin d'insérer ce prototype virtuel dans une vigne virtualisée, et en tirer une optimisation du

nombre de robots qu'on va mettre par surface. En effet, aujourd'hui, lorsque l'on dit un robot de vigne pour deux hectares, on n'est pas encore complètement sûr. On oscille entre un, deux et trois hectares pour un robot. Alors, on fait une moyenne pour avoir un discours clair. C'est déjà assez difficile à expliquer. Notre objectif est d'optimiser tout ça. En présentation commerciale, ce serait formidable d'arriver chez un futur client et de lui dire : « *Allons voir le terrain, le nombre de pieds/ha, la pente du terrain.* » Puis arriver à définir une catégorie de facilité ou de difficulté de la circulation d'un robot sur son type de terrain. Ainsi, pour une unité de 100 hectares dans laquelle nous mettrions tant de robots, on pourrait donner un tarif en rationalisant l'ensemble, ce qui serait très intéressant, à la fois pour progresser sur les prototypes et, en même temps, pour commercialiser la solution. Nous avons ici les fondamentaux d'un métier à décliner. Nous avons une petite machine qui se déplace sur un terrain agricole, capable de s'orienter et d'éviter les obstacles... À partir de là, on a déjà commencé à travailler sur une deuxième génération qui observe et envoie ses informations au *cloud*, avec des photos de la vigne, des feuilles, des grappes. Il y a aussi la version manipulation : ce même robot est capable de se placer à un endroit donné, à une heure donnée et activer une machine posée dessus qui va faire une opération particulière, via par exemple un bras manipulateur sur le robot – c'est un projet européen en cours. On a les fondamentaux, avec un enfant capable de marcher. Maintenant, il faut lui apprendre à décliner ses savoir-faire. Le robot est en quelque sorte le tracteur et le porte-outil.

La nécessité d'une nouvelle agronomie

Avec ce robot, on propose une nouvelle agronomie. Autant on savait jusque-là laisser pousser l'herbe pendant trois semaines, un mois, deux mois, la faucher, la laisser à nouveau pousser, la faucher. On avait une petite idée de ce que donnait la concurrence de cette herbe avec la vigne. Tout cela a été mesuré. Dans le cadre d'un système d'herbe qui est entretenue à hauteur permanente, personne n'a d'étude agronomique sur le sujet. On a donc deux grandes tendances : la première soutient que l'herbe dans la vigne fait de la concurrence, pour preuve les études qui ont été faites sur les procédés conventionnels, et trop de concurrence va me diminuer mon rendement, donc je me méfie ; la seconde pense que laisser pousser l'herbe qui récupère de l'azote, etc. et qui va le réintégrer dans le sol et donc

beaucoup trop enrichir le sol, ce n'est pas bon non plus, car la vigne va devenir trop « poussante ». On est face à deux réflexions complètement opposées. Il est assez probable que la vérité se situe quelque part au milieu, mais on n'a pas d'étude là-dessus. Notre argument consiste à dire qu'à partir du moment où on laisse monter l'herbe et qu'on la ramène à une hauteur constante, ses racines vont en profondeur, et qu'en gros, il y a autant de racines dans le sol qu'il y a d'herbe à l'extérieur. Donc à partir du moment où on entretient l'herbe à une hauteur d'environ 5 cm en permanence, un écosystème de plantes qui ne plongent pas en profondeur en termes de racinage s'installe. Du coup, la concurrence est moins importante. Mais il faut aussi considérer le contexte pédoclimatique : quand vous allez en Champagne, où il n'y a pas de profondeur de sol et où, de toute façon, la vigne talle et les racines partent en largeur plutôt que d'aller en profondeur, quelle que soit l'herbe, les viticulteurs parlent d'une concurrence qui va leur enlever 20 % de rendement. De la même façon, en Champagne, le raisonnement du robot ne fonctionne pas ou mal, car ce sont des industriels du raisin qui raisonnent agronomiquement à court terme. Ils ne conçoivent pas un système qui ne soit pas complètement prédictif et cherchent à tout contrôler. Par exemple, les Champenois sont à 17 ou 18 traitements par an contre 5 ou 6 ici, avec le risque pour eux de trouver des molécules indésirables dans une bouteille à 300 euros...



Voies de développements futurs

Les vraies barrières à l'entrée ne sont pas sur le hard, car vous seriez tout à fait capable de refaire un robot comme le VITIROVER. Alors que le soft, c'est un peu comme l'histoire de Bill Gates : c'est le temps passé dans la vigne ; c'est cette recherche de minimum qui est toute une logique d'esprit ; cette quête du milligramme et du milliwatt en permanence, du nombre de pièces mécaniques ; c'est cette recherche d'optimisation des coûts de production

industrielle. La vraie barrière à l'entrée est là-dessus, au-delà du fait qu'on est en train de lancer un process de cinq brevets en ce moment pour se protéger aussi, car il faut être vigilant. Breveter, c'est publier. Au final, notre principale barrière à l'entrée reste le temps « intelligent » qu'on a passé sur ce robot depuis six ans.

Pour imaginer les développements possibles avec ce robot, on s'inspire des métiers de la sécurité. En effet, on peut faire l'analogie entre ces deux univers. Dans des maisons équipées, quand quelque chose d'anormal se produit, l'alarme se déclenche. À ce moment-là, une personne du central prend la main sur la maison, alors même qu'il en surveille mille, et va entrer en contact, par téléphone, par caméra, etc. avec elle. S'il n'arrive pas à régler le problème à distance, on envoie une équipe. Pour nous, la logique est à peu près la même. C'est pourquoi nous restons observateurs afin d'adapter ce qui est possible à notre métier. Nous savons déjà qu'il faudra à l'avenir que nous optimisions le nombre de robots supervisés par un berger. Nous ne devons pas rester conventionnels. En Australie, on nous pose la question d'une entreprise photovoltaïque d'un seul tenant de 500 hectares. Alors, on pourrait dire 250 robots pour cinq bergers, mais cela resterait conventionnel. Il faudrait un berger pour 150 robots puisqu'il est sur place, ou peut-être deux bergers avec deux véhicules – un camion et un quad. La SNCF nous pose la question du chemin de 70 cm situé des deux côtés des voies, ce qui fait 70 000 km de long sur 70 cm de large. Ils veulent éliminer le glyphosate, qui est épandu aujourd'hui avec une locomotive et un wagon pulvérisateur. Ils sont venus nous voir et ont été intéressés par la solution et le business model, qui fonctionnerait très bien en dehors du fait que les bergers seraient des gens de chez eux, parce que l'on ne peut pas entrer sur cette partie-là de la voie, sans accréditation. C'est plat, avec très peu d'obstacles, uniquement les poteaux à caténaires et les boîtiers électriques. Voici encore un domaine dans lequel le modèle et l'échelle d'intervention sont à réinventer.

Notre principal concurrent est Monsanto, car il n'y a pas de techniques pour remplacer le *Round up*, si ce n'est de couper l'herbe, et c'est ce que l'on fait. Notre concurrent direct reste l'agrochimie plus que l'agro-équipement, car le tracteur est polyvalent et le désherbage peut se faire avec l'importe quel équipement, un quad par exemple. Mais le tracteur reste indispensable et non remplaçable dans beaucoup de fonctions. On peut simplement grignoter sur ses fonctions : par exemple, on vient d'être sélectionné dans un appel d'offres pour réaliser de la pulvérisation. On propose quelque chose en deux étapes : avoir une

voûte, très légère, de 50 kg, qui passe au-dessus du rang, avec un système entièrement électrique, où on va créer une turbulence dynamiquement pour vaporiser le produit à l'intérieur du système végétatif de la vigne. C'est une voûte qu'on met à l'entrée de la parcelle et qui va emmancher les rangs les uns derrière les autres. L'unité de réflexion reste le rang, ce qui fait que le viticulteur, au lieu d'avoir un énorme pulvérisateur pour traiter 15 hectares, en aura une dizaine de petits. Le plus gros avantage de ce système : il est insensible à la panne. En effet, si mon gros équipement tombe en panne, et que je ne peux pas traiter en temps voulu, je peux perdre 15 à 20 % de ma récolte. Ce tracteur est unique, alors qu'avec un système de cinq ou six micro-pulvérisateurs qui font chacun un rang, si l'un d'entre eux tombe en panne, les autres peuvent assurer le travail. On retrouve ici la logique similaire du troupeau de robots : je peux voir une panne sur un robot, mais pas sur tout le troupeau. En multipliant les acteurs de petite taille, on diminue le risque de la panne générale. De plus, il faut considérer la maintenance : pour un tracteur en panne, il faut faire venir un camion, etc. Avec un petit équipement, le transport est facile, voire on peut le réparer directement dans le champ. Mon graal concernant le problème de l'herbe serait d'avoir un petit troupeau de vingt-cinq ou trente micro-robots avec un panier à qui on demande un jour de couper les presles, puis le lendemain les pissenlits, comme on faisait au XIX^e siècle, où les enfants assuraient les petits boulots qui ne demandaient pas beaucoup de force. On démultipliait ainsi les acteurs, ce qui aboutissait à un travail fabuleux.



Récit professionnel : Développement durable et invention

Michel GALMEL



Présentation de l'exploitation agricole familiale

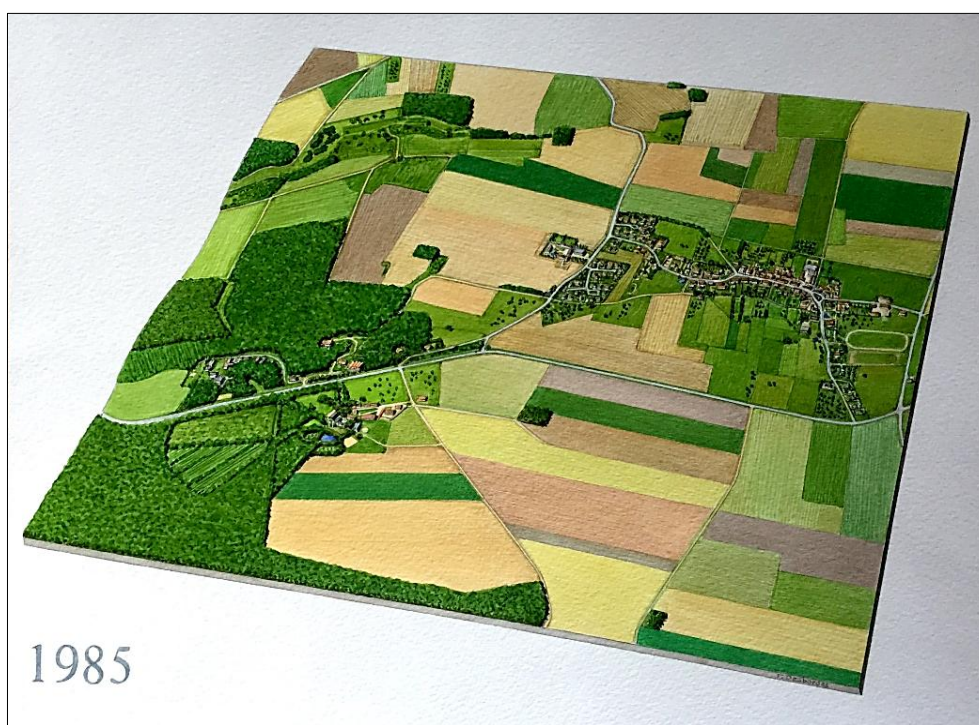
Il s'agit d'une exploitation qui devait disparaître. Mes parents ont eu une vie très difficile et ce qu'on voulait, avec mes frères et sœurs, c'était leur assurer une retraite. C'était la première des choses et aussi, pour ma part, créer des activités, de la production jusqu'à leur finalité. Ça m'allait bien de sortir du système un peu classique.

Nous souhaitions, et c'est très important pour moi, allier environnement et économie. Ce sont deux critères qui ne sont pas opposables pour ma part : surtout mettre le mot environnement avant le mot économie ; avoir aussi une démarche cohérente par rapport au bilan carbone ; recréer un paysage, un lieu qui répond à une nouvelle demande. J'en étais un peu convaincu, maintenant j'en suis sûr. Il s'agit d'allier esthétisme et authenticité. Le tas de fumier au milieu de la cour, c'est bien, mais ce n'est plus trop parlant pour la société

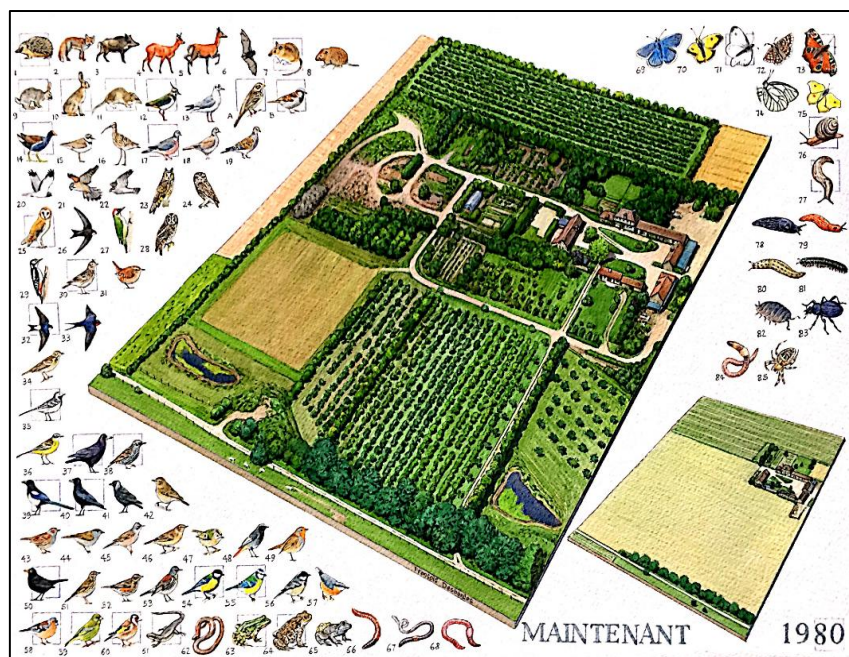
d'aujourd'hui, à mon avis. Et, bien sûr, il convient d'y associer la viabilité ainsi que la transmission du patrimoine familial.

L'exploitation est à la limite du Vexin où les exploitations sont très riches et très grandes. Alors, s'agrandir paraissait un peu difficile. En conséquence, j'ai voulu créer une entreprise avec des activités ayant un réel sens environnemental en alliant l'environnement, la technologie et le social.

Évolution de l'exploitation agricole au fil des décennies : inviter l'écosystème de la forêt dans les champs, le verger, le jardin...



Nous réalisons des croquis à partir des cadastres ou de vues aériennes, car nous recevons beaucoup de public. En 1985, c'était une morne plaine autour de la ferme. Nous sommes dans le Vexin, lieu de terres très fertiles. Les calculs de rendement montrent qu'il est possible d'atteindre 110 à 120 quintaux de blé par hectare dans les très bonnes terres mais, sur des surfaces spécifiques, ce rendement peut s'effondrer à 60 quintaux.



Notre souhait a été de remettre l'environnement au cœur de notre démarche. En 1980, on a décidé de remettre la nature à sa place. Une mare s'alimente avec les eaux de ruissellements par les bassins versants. Alors nous avons recréé des mares, remis des haies... En 1980, on avait seulement une quinzaine d'espèces d'oiseaux sauvages. Aujourd'hui, on compte plus de cinquante et une espèces d'oiseaux qu'on voit très régulièrement sur la ferme.

En termes de phytosanitaires sur les pommiers, nous sommes passés de vingt-cinq traitements à trois ou quatre et, parfois, je me force pour les faire. Mais si on a un problème de cochenille, on est obligé d'intervenir chimiquement. Nous avons modifié notre façon de travailler sur le verger. On s'est aperçu, par rapport à la tavelure, que le fait de ramasser les feuilles et de ne plus tondre permettait de l'éviter. C'est à vérifier bien évidemment sur le long terme, mais de fait, nous avons arrêté les traitements au bout de deux ans.

Suite à cette mise en place, nous avons voulu aller un peu plus loin dans notre démarche. On s'est associé avec le Muséum d'Histoire naturelle de Paris dans le cadre de l'Observatoire agricole. On a deux stations de comptage de biodiversité et c'est très intéressant, car on peut observer les vers de terre, les insectes, etc. Ces outils nous ont permis de savoir où nous en étions, d'évaluer l'impact de nos façons culturales, de les modifier et de continuer à progresser.

Il y a cinq ans, par rapport aux problèmes de rendement, nous avons simplement redessiné les parcelles en fonction du potentiel des terres et non plus en fonction de la facilité à

utiliser le tracteur. Les tracteurs se dirigent par GPS et ont tous une direction assistée. Il était ainsi possible de reconstruire les parcelles en fonction du potentiel. Chaque parcelle étant plus homogène devient plus facile à suivre. Petit clin d'œil : on a retrouvé un vieux cadastre de 1836 ! On voit bien la ferme, le verger et les champs cultivés de la même manière car, en 1836, quand ils se levaient le matin, c'était pour chercher à manger, sans tracteur, donc il fallait une certaine efficacité parcelle par parcelle.



Pour finir sur l'aspect environnemental, comme nous voulions aller un petit peu plus loin dans notre démarche, nous avons décidé de monter un système d'agroforesterie. On vient de planter deux parcelles de dix hectares et créer un verger-forêt. C'est un petit laboratoire parce qu'il faut aussi se décompacter le cerveau. On va un peu à l'encontre de tout ce qu'on nous a appris et de tout ce qu'on nous apprend à consommer. Comme nous recevons de nombreux groupes, nous l'utilisons comme outil pédagogique et, depuis trois ans, nous sommes partis en agriculture de conservation. C'est le tout début, mais c'est vraiment très prometteur. Nos objectifs sont toujours de penser aux générations futures, avoir une régulation du climat sur le territoire de la ferme, offrir le gîte et le couvert à l'ensemble de la chaîne alimentaire, diminuer les intrants chimiques et utiliser de façon intensive les mécanismes naturels. Dès aujourd'hui, nous avons réussi de réelles baisses d'intrants et, plus nous avancerons, plus il y en aura. Cela a conduit à une augmentation de la réserve en eau. On le voit cette année dans les terres qui sont au fond de la ferme et qui sont cette année très, très belles. Produire des arbres, des céréales et profiter des interactions positives des différents systèmes, aussi bien aériens que souterrains, voici nos objectifs.

Enfin, il s'agit aussi de réduire globalement les charges d'intrants et de fonctionnement. En agriculture de conservation, le fait qu'on ne laboure plus, c'est quatre mille litres de fioul en moins. Mon tracteur de deux cents chevaux n'existe plus : c'est un tracteur de cent dix chevaux maintenant. Nous avons revu toutes les puissances à la baisse et, surtout, nous avons remis la nature à sa place et ça, vraiment, c'est très intéressant, intellectuellement parlant... et aussi pour le portefeuille. Tout argent qui n'est pas dépensé est de l'argent gagné. Et si, en plus, on peut remplacer par un mécanisme naturel aussi efficace, à mon avis, on ne peut qu'être gagnant.



Agroforesterie : 2
parcelles de 10 ha

Verger-forêt : petit
laboratoire et outil
pédagogique

Agriculture de
conservation depuis 3
ans

Concilier l'environnement et l'aspect socio-économique : deux objectifs complémentaires sur l'exploitation

L'aspect socio-économique est très important. Il s'agit de rendre cette petite ferme viable économiquement, ce qui est un des critères de la durabilité. Je voulais absolument diversifier la production. Nous avons mis en place la vente à la ferme et la production de la pomme au verre. Aujourd'hui, en circuit court, on vend 80 % de notre production à la ferme. Ce qui me plaît beaucoup, c'est de vendre un produit à partir d'une prestation, à partir d'un verre de cidre. Cela crée du relationnel et ça aide à vendre. Offrir un produit authentique avec une histoire, un lieu, des hommes, c'est offrir des produits sains. Au début, on avait un peu peur de le dire. Nous extrayons le jus, pour faire du cidre, avec une centrifugeuse, mais nous avons appris à l'expliquer parce que les gens sont très demandeurs de ces explications. Il a fallu organiser des visites de la ferme ; des écoles envoient leurs élèves ; des clients nous

rendent visite ; des circuits touristiques nous ont inclus comme site intéressant. On a entre trois mille et quatre mille visiteurs. Ce matin, par exemple, trois bus d'Américains sont venus visiter la ferme et voir ce que nous produisons.



Concilier l'environnement, l'aspect socio-économique... et l'énergétique : produire une partie de son besoin en énergie en limitant l'effet de serre

Le troisième aspect reste l'aspect énergétique. Je voulais produire une partie de mon énergie en limitant l'effet de serre. Donc j'ai rencontré des gens du miscanthus, puis nous en avons planté deux hectares et demi. Un hectare de miscanthus produit en énergie l'équivalent de 5 000 et 7 000 litres de fioul, avec très peu d'intrants. C'est parfait. De plus, étant donné que nous sommes situés sur un périmètre de captage, cela signifie que pendant vingt ans, il n'y aura aucun produit chimique répandu et que toute l'eau qui tombera du ciel viendra alimenter cette nappe phréatique en absence de tout phytosanitaire. Chose intéressante, on a divisé le coût de l'énergie par dix tout en transformant cette charge variable très élevée en une charge fixe, prévisible, bien plus faible. La seule crainte que j'ai, c'est, si j'ai un problème géopolitique avec moi-même, j'augmente le prix de l'énergie... En termes d'environnement, nous avons réalisé une étude avec la Chambre d'Agriculture. Nous chauffons 700 mètres carrés. Les économies d'énergie réalisées nous ont permis d'offrir d'autres prestations tout en conservant le patrimoine. Par exemple, la grange où nous recevons les visiteurs n'a pas été isolée comme il le faudrait, parce que je voulais absolument conserver cette charpente magnifique qui date de 1650. On a installé un chauffage au sol. Et, comme je chauffe avec du miscanthus, j'envoie du CO₂ dans l'air qui est ensuite récupéré pour faire pousser mon miscanthus. Ainsi, mon bilan est assez intéressant. Le rejet de CO₂ avec le fioul serait de 44 tonnes, sachant que ce serait une charge financière que je serais incapable de supporter. Aujourd'hui, on ne rejette que trois tonnes, soit une réduction équivalente à treize voitures parcourant 15 000 kilomètres par an.



La création de l'Entreprise de travaux agricoles : Galmel Prest'Agri

En 1996, j'ai créé une nouvelle entreprise. Mon cœur de métier, c'est la revalorisation de sous-produits en agriculture avec une démarche environnementale, toujours dans la même logique de pouvoir ramener à la terre le maximum de matière organique au lieu d'aller les mettre dans des décharges ou des trous, tout en respectant les contraintes agronomiques, d'azote et d'environnement. Il s'agit de réutiliser ces matières pour éviter aux agriculteurs d'acheter des intrants chimiques. L'entreprise a démarré après l'histoire de la vache folle et du sang contaminé, à l'époque où on nous a imposé des plans d'épandage très contraignants.

Nos activités entre autres sont l'épandage de précision de produits solides et liquides, les reliquats azotés, la plantation de miscanthus, le transport avec des bennes agricoles et enfin une activité avec Saint-Louis Sucre (bâchage, débâchage des silos de betteraves, ramassage par avaleur des silos, revalorisation des eaux de sucreries) et nous faisons aussi la réalisation de suivis administratifs des plans d'épandage.

L'intérêt de cette technologie, c'est qu'aujourd'hui, on part sur de gros volumes avec des industriels. Et je souhaite apporter ce qu'il faut au moment où il le faut. Ramener la matière à la terre, c'est bien, mais il faut absolument respecter les doses pour ne pas polluer les nappes phréatiques, les zones vulnérables, et pouvoir épandre différents produits en les assemblant. C'est ce que nous faisons avec cette machine. C'est un système de pesée en continu grâce auquel il nous arrive de mélanger du compost, des fientes, du lisier de porc pour pouvoir faire des produits un peu à la carte, tout en étant capables de respecter la structure du sol, d'intervenir rapidement et d'avoir des débits de chantier importants, ce que j'ai illustré par ces deux photos.



En matière d'épandage, en octobre 2016, nous avons épandu six tonnes de compost derrière du semis-direct d'escourgeon en agriculture de conservation. L'objectif était de faire un mulch et aussi de rappuyer le sol. Ensuite, nous avons eu une idée avec un industriel qui a monté un méthaniseur. On épand chaque année sur cinq cents hectares l'équivalent du premier apport d'azote chez des agriculteurs. C'est autant d'azote chimique qu'ils n'ont pas à acheter, parce qu'on restitue ce digestat. Après trois ans d'activité, nous commençons à avoir un petit peu de recul sur cette activité, les agriculteurs sont plutôt très satisfaits de ce produit. On en apporte d'autres, bien différents de l'azote habituel. Ces appareils sont autoguidés et équipés de systèmes de pesée en continu, etc. Ainsi, il a fallu beaucoup de technologies pour refaire de l'environnement et recycler de manière précise et adaptée des sous-produits variés.

Concernant notre effectif, nous sommes une quinzaine de personnes. Nous varions entre neuf et vingt suivant la saison. Et depuis 2016, nous sommes certifiés ISO 14001 dans le cadre de l'association Terre de Normandie. C'est une démarche intéressante. Nous sommes toujours en réflexion avec des agriculteurs qui ont envie d'avancer et chacun apprend beaucoup.

Nous travaillons sous contrat aussi bien avec des « gros faiseurs » qu'avec des « petits faiseurs ». Par exemple, sur Paris Seine Aval, on a obtenu un marché sur la zone qui servait à alimenter Paris, il y a plus d'un siècle. Dans les années 1970-1980 quand la société de consommation était bien en place, on utilisait toutes les eaux de Paris pour irriguer ces parcelles sauf qu'on a oublié d'arrêter lorsqu'il y avait des détergents. Les terres sont devenues complètement polluées. Elles sont à l'abandon, envahies par les gens du voyage.

Les élus ont mis quinze ans pour réunir tout le monde et dire : « *Il faut faire quelque chose.* » Alors, on a planté du miscanthus dans cette zone et le but est de le valoriser en alimentant les chaufferies qui sont juste à côté. Également, il y a une association d'insertion employant cent personnes, spécialisée dans les jardins. Ils récupèrent les déchets verts, en font du compost et le ramènent au champ là où on y fait pousser du miscanthus qui alimente les chaudières. Dans ce partenariat, on fait donc de l'environnement, du social et de l'énergétique...

Perspectives d'avenir...

Demain sur la ferme, nous souhaitons poursuivre l'agriculture de conservation. Pour moi, c'est très important, mais aussi nous souhaitons développer les visites grâce à de nouveaux supports, comme les parcelles d'agroforesterie, le verger-forêt. On peut communiquer là-dessus. J'avais un groupe samedi qui m'a dit, par rapport à l'agriculture de conservation : « *Il faut qu'on avance, qu'on y travaille.* » Il y a vraiment une demande sociétale, à mon avis, à ce niveau-là et il faut absolument y répondre. On a un atout avec nos fermes. Ce sont des lieux privilégiés qu'il faut absolument valoriser et il ne faut pas oublier de rapprocher la ville de la campagne. L'agriculture de conservation peut être aussi un excellent moyen pour y parvenir.

On cherche aussi à développer de nouveaux produits, pas forcément aller vers la quantité, mais plutôt vers la diversité. Je le vois au niveau de l'activité cidricole. Maintenant, on a une dizaine de produits et ça marche très bien. Sans oublier de toujours renforcer les actions pour avoir un bilan carbone le plus avantageux possible.

Dans le cadre de l'entreprise d'épandage, il y a une demande pour travailler sur la modulation des épandages solides (fumier, compost, fientes, chaux...), optimiser les épandages liquides en travaillant sur les tassements et les coupures de tronçons. Dans la philosophie du bilan carbone, pourquoi ne pas créer un bâtiment avec des cellules photovoltaïques ? Nous sommes en train de travailler sur ce domaine au niveau de la ferme et de l'entreprise. Il s'agit d'obtenir un bilan carbone précis pour comparer nos résultats par rapport aux exploitations classiques. On souhaite aussi pérenniser des emplois et réfléchir à la transmission.

Une approche critique de la relation homme/machine en agriculture

Mathieu ARNOUX

À chaque fois que je viens ici, je suis émerveillé par ce que j'entends. Émerveillé simplement parce que je sais que c'est passionnant d'entendre ce qui se passe dans la vraie vie. Si je dis dans la vraie vie, vous allez considérer que je vis au Moyen Âge et que c'est bien pour moi de revenir dans le monde contemporain, mais les historiens ne vivent pas dans le passé. Ils vivent dans le présent en l'interrogeant, ce qui implique des questions sur le passé. L'agriculture est l'un des sujets sur lesquels on a le maximum de connaissances. Il faut quand même se souvenir que, depuis que le Pharaon a rêvé de vaches grasses et de vaches maigres et a demandé son avis à Moïse sur le problème, on a un patrimoine extraordinaire de restrictions et d'informations sur qu'est-ce que c'est que cette chose qui distingue, si je puis dire, l'homme de ses « congénères animaux » ou savoir simplement de quoi se nourrir sans essayer de le faire à tout prix.

En effet, l'enjeu ultime d'une partie des processus sociaux, c'est bien de cela dont j'ai entendu parler tout le long de ce séminaire, est de pouvoir répondre à cette question essentielle : comment maintenir ma température corporelle à 37 °C et rester en bonne santé ?

La première chose qui apparaît est magnifiquement rythmée, soit par des témoignages de première main, soit par des agriculteurs ici présents ou des témoignages filmés d'acteurs – et qui à chaque fois me passionnent – et je sais comme enseignant que ça marche. Si vous parlez de cela à des étudiants qui font des études d'histoire, donc *a priori* destinés à vivre dans un monde de rêve, ils sont intéressés. En effet, dès qu'on se penche sur l'agriculture, les gens sont convaincus qu'il se dit là des choses qui valent la peine d'être dites, et ce n'est pas le cas pour tous les sujets. Le premier terme qui me vient à l'idée, c'est ingéniosité. L'ingéniosité pourrait paraître une qualité mineure : n'importe qui peut être ingénieux. Mais l'expérience montre que ce n'est pas vrai. N'importe qui ne l'est pas. Qui plus est, l'ingéniosité n'est pas obligatoirement quelque chose qui s'apprend. Elle se dévoile dans la recherche d'une solution. À plusieurs reprises, il a été exposé ici un problème local situé

dans le temps et dans l'espace, – un problème d'une saison, d'une plante, d'une pièce de terre – et la manière d'y réfléchir de la façon la plus ingénieuse, la plus efficace et la plus économe à de multiples points de vue, afin de résoudre effectivement ce problème. C'est pour moi une chose extraordinairement intéressante, car les personnes qui nous racontent leur cheminement ont à la fois – on vient d'en avoir l'illustration – fait le travail d'aller chercher une solution et de l'élaborer, même si ce sont des justifications de cette solution. Moi qui vis dans un arrondissement parisien où il doit y avoir à peu près deux arbres à l'hectare, cinq peut-être, mais pas plus, et qui suis extrêmement éloigné du sol, je trouve que c'est important d'avoir ce discours qui est, à la fois un discours autonome qui dit : « *Je sais ce que je fais* » et un discours pédagogique. J'ai trouvé qu'à chaque fois, les personnes qui parlent de ce qu'ils (ou elles) font sont les meilleurs enseignants qu'on puisse imaginer. C'est d'autant plus important que, comme le disait l'un d'entre eux : « *Mon seul concurrent, c'est Monsanto* », Monsanto ou d'autres, dont vous mettrez les noms que vous désirez, payent des pédagogues professionnels pour essayer d'enseigner les vérités qui seraient bonnes à dire. C'est extraordinairement important que ces vérités locales, immédiates, absolues, soient dites, car le discours général : « *Il faudrait faire ça* » n'est pas un discours applicable, ni utile au premier degré. Il se peut que, derrière ce que je vais faire, derrière la solution que je vais adopter, il y ait un principe général, mais ce n'est pas ainsi que j'y suis arrivé. J'y suis arrivé en tâtonnant, parce que j'avais un problème local à résoudre duquel je me suis impliqué. Je pense que c'est un aspect très important, et là, je parle en tant qu'historien de l'agriculture : « *L'histoire de l'agriculture est un inventaire infini de toutes les variantes possibles d'arrangements locaux.* » Ma spécialité originelle est l'histoire de la Normandie, l'Orne, le Caux, le Bray, et le Vexin ce qui n'englobe pas les mêmes plantes, ni le même vocabulaire, ni les mêmes formes de champ, ni les mêmes produits à terme. Ce qu'on voit là c'est qu'à chaque fois, on découvre des acteurs qui, face à des problèmes, élaborent des solutions et remontent aux principes, après coup, en y réfléchissant, avec et par une justification de cette solution.

Deuxième point, la mécanisation. Comme j'ai essayé de le dire tout à l'heure sous forme de provocation, lorsqu'au ^{xii}^e siècle, dans la région de Picardie, en Normandie, dans le Chartrain, on a commencé à accrocher des chevaux aux charrues. Auparavant, dans nos régions, c'était des bœufs ou des ânes. Le cheval de trait, c'est en quelque sorte une

machine. Le cheval de trait n'est absolument pas un être naturel. Il a été créé. Si vous allez en Chine, le cheval appartient au domaine militaire. C'est un coureur qui va à toute vitesse, réservé à l'armée. On ne fait pas tirer des charriots et encore moins des charrues à des chevaux. Sur Internet, on peut voir des concours de chevaux de trait et on est témoin de l'extraordinaire puissance de ces animaux. La manière dont on a construit des discours types sur les chevaux revient, plus prosaïquement parlant, à les décrire comme des convertisseurs énergétiques très efficaces qui ont comme seul inconvénient qu'on ne peut pas les éteindre. Ce sont des créations humaines, dont l'origine commence à être bien décrite, et c'est la première étape du machinisme. La différence entre une paire de bœufs et une paire de chevaux quand vous les accrochez à une charrue, c'est qu'avec la paire de chevaux vous allez doubler la superficie que vous pouvez labourer, mais vous allez aussi plus que doubler la déperdition de métal dans le sol. Au XVIII^e siècle, on perdait entre 1 et 6 kg de fer par hectare cultivé, uniquement par abrasion ou par rupture des fers à cheval. Ce sont des problématiques de mécanisation. Juste un autre exemple : à la fin du XVIII^e siècle, au maximum de la croissance démographique préindustrielle, l'Académie des sciences se préoccupe de problèmes très réels, qui sont la conservation des grains : « *En théorie, on pourrait nourrir tout le monde, pour autant que les grains se conservent.* » Une thèse a été soutenue récemment sur le sujet des concours mis en place à l'époque et on peut découvrir des instruments qui sont à nouveau d'une ingéniosité absolument extraordinaire. L'Académie des sciences est « mécaniste » : ce sont des gens du métal, et ils veulent des machines, des objets qui tournent, grattent, chauffent, et ils récusent toute une série de procédés qui sont visiblement des procédés biochimiques, comme les procédés de chasse contre les charançons, en soutenant : « *Non, il faut sécher, moduler et augmenter la température du grain.* » Et, la question des prédateurs de charançons est considérée comme de la superstition ou de la sorcellerie. On voit que déjà cette problématique de la mécanisation est très présente, bien avant la machine à vapeur. Il ne faut pas se tromper : ce n'est pas l'apparition de la machine à vapeur pour le battage ; ce n'est pas l'apparition de la moissonneuse ou du tracteur qui est l'origine de la mécanisation. Il y a en permanence, depuis qu'en Europe, l'augmentation de la productivité en agriculture est la condition du maintien de l'urbanisation, une demande de passage par des machines plus efficaces qui augmentent la productivité du travail. Durant toute cette époque préindustrielle, la société rurale vit sous cette tension précise, extrêmement simple et créée par le fait qu'il faut à peu

près trois personnes pour mettre en culture 13 hectares, mais il en faut 80 pour faire la moisson. Donc, il faut que la production nourrisse aussi ces 80 personnes qui doivent être présentes au village, uniquement pour la moisson. Or, cela fait baisser énormément le rendement possible, parce qu'on les nourrit en dehors de ce court temps de travail, par de l'aumône car, bien sûr, ceux qui sont prêts et disponibles pour offrir leur temps de travail pour la moisson, pour une bonne partie, sont pauvres. On a, depuis des siècles, cette tension qui fait peser sur le paysan une demande d'augmentation constante de la productivité, et si possible d'abord sur la moisson. On voit maintenant les limites qui apparaissent et qui nous disent : « *On est au bout de cette possibilité d'augmentation de la productivité. On ne peut plus augmenter la vitesse des machines ou accroître leur puissance.* » À ce moment-là, ce que nous disent biologistes et physiciens, c'est que nous nous plaçons dans des systèmes extraordinairement contraints, et que ces systèmes très contraints sont des systèmes extraordinairement risqués et vulnérables, car leurs conditions et leurs plages d'usage deviennent de plus en plus étroites. Si on limite la biodiversité pour avoir uniquement une espèce, on accroît sa vulnérabilité aux prédateurs et, dans ces conditions, on est obligé d'accroître les intrants pour essayer d'éradiquer les prédateurs, etc. C'est une espèce d'effet rebond négatif auquel on doit être attentif : toute augmentation de productivité se fait par une croissance plus rapide des intrants, ce qui n'est possible que si leur coût croît moins vite que celui des salaires. Tout ce qui nous a été montré dans ce séminaire va exactement au contraire de cette tendance, et précise qu'il faut être capable d'apprécier les situations localement, ce qui signifie sur le lieu mais aussi dans l'instant, à un moment précis et dans une relation précise correspondant à un stade de développement des plantes. Il y a des problèmes qui se posent à l'automne, d'autres au printemps, et chacun demande à chaque fois des solutions spécifiques.

Venons-en à ce qui me manque, ce qui à mon avis reste à penser. Chacune des interventions a montré, par moments, un langage entrepreneurial, et il est vrai que l'entreprise est l'une des composantes absolument nécessaires de cette mutation. Il y a eu des présentations d'exploitations agricoles qui sont aussi des entreprises de production de tout autre chose, qui bourgeonnent, et qui ne sont pas du standard pour ce qu'un historien attend d'une entreprise. Ce sont comme des pionniers qui voudraient montrer l'exemple d'un choix qui dépasse l'entreprise, car il est apparu un deuxième volet disant : « *Il faudrait arriver à*

réfléchir autrement par rapport à la contrainte économique. Il faudrait être capable de se débarrasser d'un simple enjeu de rentabilité économique à court terme. » Qu'est-ce que c'est, pour un historien de l'économie ? Cela relève d'une démarche institutionnelle et qu'il y ait consensus. Une institution est en effet simplement la manifestation d'un consensus. Ainsi, la solution choisie n'est pas obligatoirement, en terme monétaire, la manière la plus appropriée pour produire le maximum de profit dans cette situation précise. Cependant, en termes d'assurance, ceci est le meilleur moyen d'assurer notre survie à moyen terme. Il y a là un problème de construction institutionnelle pour lequel il y a très clairement l'imagination qu'il faut, parce que, dans notre société, ici et maintenant, l'institution prend la forme d'une association – ce qu'on accepte très facilement parce qu'à court terme, ça ne met personne en danger. Si on donne à l'association un peu plus de marge, à ce moment-là, il y aurait peut-être des gens qui commenceraient à penser que c'est dangereux. L'assurance collective serait mise à mal et ceux qui ne sont pas dans l'association pourraient y perdre. Et ce groupe associé pourrait vouloir imposer des règles non consensuelles.

Dernier point : tout ce qui a été dit parle de travail. Labour et labeur, c'est le même mot. C'est le ^{xvi}^e siècle qui a inventé ce mot. Un paysan avec une charrue, ça s'appelait labour ; quelque chose de fatigant, c'est labeur. Il n'y a pas de différences linguistiquement entre les deux. La terre, c'est ce qui se travaille. Cela a été dit pleinement. Traditionnellement, c'est beaucoup de travaux possibles. C'est une des raisons pour laquelle Adam Smith expliquait qu'il n'y a pas d'apprentissage possible pour l'agriculture, car elle est constituée de tant de métiers différents qu'on ne voit pas très bien qui pourrait être le maître de cet ensemble, autre que le patron ou le maître de la ferme, par rapport à celui qui sera – c'est la forme de l'apprentissage – le valet de ferme et qui devra apprendre tout en même temps. Il y a énormément de travaux différents et, ce qui est apparu ici très clairement, c'est à quel point cette multiplication de tâches, cette parcellisation, cette fragmentation qui est aussi une division du travail subsiste à l'intérieur de l'agriculture. Nous avons pu entendre à quel point les tâches sont multiples, variées et exigent des qualités spécifiques, différentes. Elles sont précisément identifiées et font l'objet de réflexions tout à fait profondes.

Ce qui, je pense, constituera un problème à l'avenir : la transition énergétique, écologique et sociale. Et nous savons qu'elle devra se faire. Obligatoirement, cela aura des conséquences sur les marchés du travail. C'est l'un des points dont on est en train de se rendre compte.

Prenons un exemple selon une expérience de pensée simplifiée : si, par exemple, il est décidé de fermer les centrales nucléaires. Il faudra en conséquence réaliser des investissements conséquents non seulement dans d'autres moyens de production, mais il faudra aussi faire un investissement encore plus important dans la conversion du marché du travail qui est localisé autour des centrales nucléaires dans une structure de production au fonctionnement très normalisée vers un marché du travail diffus, très différencié et moins structuré qui est celui des énergies renouvelables. Et chacun peut réaliser qu'il n'y a ni réflexion ni mise en place du travail nécessaire pour réaliser cette transition sociale. Cela risque fort d'être un échec. On a bien entendu, aujourd'hui, qu'est présente cette demande sous-jacente, car je ne sais pas combien de métiers différents, j'ai entendu aujourd'hui, le plus beau étant celui de berger de robots, que je trouve absolument ravissant puisque, d'une part, ça reprend une fonction qui est une fonction indispensable – toutes les fermes d'Ile-de-France avaient un berger salarié, à demeure, parce qu'une ferme de 50 ou 60 hectares avait en même temps 120 moutons ou brebis et qu'il fallait bien quelqu'un pour s'en occuper. Maintenant, il faut des troupeaux de robots pour réaliser certaines choses... Voici un métier qui apparaît : comment va-t-on l'intégrer ? Quel type de configuration va-t-on trouver dans notre société de demain ? Qui sait quels seront les métiers de demain dans cette grande transformation qui semble vouloir se montrer au grand jour ?

Synthèse et développements

Quels contours agro-machiniques de la nouvelle culture technique agricole ?

Delphine CAROUX, Michel J.-F. DUBOIS et Loïc SAUVÉE

Introduction

Que révèlent les transformations de l'agro-machinisme dans le contexte de l'évolution agrotechnique contemporaine ? Nous partirons des constats retenus dans le premier livre issu du séminaire organisé le 26 juin 2015 à Beauvais (Dubois, & Sauvé, 2016), et nous nous focaliserons sur l'agro-machinisme. Les intervenants de ce deuxième séminaire nous montrent un monde agrotechnique traversé par de nombreux questionnements, en transformation accélérée, et pris dans un sentiment de crise. Il est même dit que l'agriculture se situe à un moment charnière de son évolution historique (intervention de Romain Piovan). De manière aussi accentuée, ici focalisée sur les objets techniques, nous voyons des agriculteurs et des agricultrices mus par la volonté de comprendre les logiques d'évolution possible pour leurs équipements, parfois à rebours des représentations « allant de soi ». Ces agriculteurs sont avant tout désireux d'élaborer des solutions tenant compte des nouvelles technologies, des savoirs accumulés et des conditions locales de leur insertion, ce qui conduit à l'émergence possible d'une nouvelle culture technique agricole dont il va falloir tenter de décrire les contours sous l'angle de l'agro-machinisme. Pour ce faire, à partir des témoignages recueillis lors de ce séminaire, nous avons choisi de procéder en suivant une approche épistémique qui relève de l'enquête (Dewey, 1993). Que peut-on dire de la situation agrotechnique actuelle dans l'optique d'une compréhension de l'évolution agro-machinique ? Est-il possible de cerner les logiques sous-jacentes de ce foisonnement d'inventions et d'innovations agro-machiniques ?

Dans un premier temps, nous analyserons, en partant des quatre récits professionnels (cf. les interventions de Philippe Colin ; de Perrine Hervé-Gruyer ; de Michel Galmel ; de Xavier David-Beaulieu et Arnaud de la Fouchardière), les profils d'agriculteurs engagés dans la transformation de leurs exploitations agricoles. Nous montrerons la diversité de leurs rapports à l'évolution agro-machinique, tout en prenant en compte les débats, dans lesquels plusieurs agriculteurs participants se sont exprimés. Dans leur diversité, ils nous montrent

des constantes, mais aussi des différences, que nous tenterons d'expliciter. Puis, nous analyserons le Big Bang numérique, ses rapports à l'agro-machinisme, ses conséquences et ses ressorts qui semblent coïncider, ou au moins ne pas être contradictoires, avec ce que nous disent ces agriculteurs. La pénétration rapide du numérique dans l'agriculture, même si elle a commencé il y a plus de vingt-cinq ans, avec le GPS, connaît une accélération notable et concerne désormais l'ensemble du monde agricole. Des acteurs issus de ce monde ont le souci de le transformer de l'intérieur en utilisant ces nouveaux outils, sans approche prescriptive et nomologique (Canguilhem, 2009). Une mobilisation certaine du monde agricole est désormais perceptible et entre en résonance avec le séminaire de 2015 (Dubois, & Sauvée, 2016). Puis, nous considérerons l'impact de la question énergétique associée au changement climatique, et aux autres contraintes propres aux limites de la géosphère et de la biosphère, ce qui sous-tend une modification des contraintes d'échelle (Dubois, 2016). Cette question générale se retrouve, en arrière-fond, chez tous les agriculteurs, conférenciers ou participants de ce séminaire.

À partir de ces observations, constats et analyses, nous concluons sur l'hypothèse d'un changement de paradigme épistémologique dans l'approche de la production agricole, changement qui devrait affecter profondément l'agro-machinisme. Le développement des approches agro-écologiques et des innovations localement situées constituent des indicateurs forts et conduisent à considérer l'évolution agrotechnique comme un processus dont il faut accepter la complexité. Suivant les travaux de Simondon, nous l'appellerons un « nouvel encyclopédisme agricole ». Il paraît probable que le développement et la diversification des « machines » en agriculture ne pourront plus être appréhendés sans prendre conscience des connaissances nécessaires pour en maîtriser la conception, l'usage et la diffusion. Avec cette importance des activités de conception, il est probable que les savoir-faire et les compétences des agriculteurs seront des éléments à prendre en compte de manière renouvelée dans cette grande transformation agro-machinique. L'ouverture finale présentera les chantiers possibles que suggère cette synthèse.

Agriculteurs engagés dans l'invention et l'innovation : diversité des rapports à l'évolution agro-machinique

Les témoignages des quatre agriculteurs pointent quatre choix différents qui ne peuvent être uniquement pensés en termes d'adaptation à une demande ou à un environnement, ou en termes d'évolution incrémentale à partir d'un contexte sociotechnique donné. Les choix stratégiques de chacun, justifiés par des considérations abstraites, voire par des engagements de nature politique, semblent largement l'emporter sur des processus d'adaptation au contexte immédiat. On pourrait supposer que chacun d'entre eux cherche à apporter la preuve d'un possible imaginé, ce qui conduit à des orientations spécifiques à la fois imprévisibles et improbables. Il y a néanmoins quelque chose de commun dans ces quatre postures, qui correspond, selon le vocabulaire simondonien à un processus d'individuation de l'exploitation agricole (Dubois, & Sauvée, 2016 : pp. 175-205). Ces agriculteurs ont montré leurs capacités à orienter leurs choix techniques suivant un processus d'interactions entre leur projet en tant qu'exploitant agricole, leur contexte agronomique spécifique et leur marché prédéfini ou en construction. Le point de départ de ces innovations se trouve souvent dans la volonté d'une meilleure adaptation à la représentation qu'ils se font de leur activité, technique certes, mais également sociale et économique. Pour ce faire, ils inventent, adaptent, transforment, leurs agro-équipements. Un point commun de ces choix techniques est qu'il semble être alimenté par une représentation forte du développement durable et exprime le besoin d'inventer. Par exemple, si Philippe Colin pense ne plus être un paysan malgré ses origines sociales agricoles, on sent néanmoins un besoin commun d'inventer « une nouvelle forme d'agriculture » plus durable. Il est intéressant de noter que la logique même de l'invention les conduit à développer des approches qui font que leur évolution agro-machinique suit des voies bien distinctes. L'opposition entre le « high-tech » et le « low-tech » leur semble étrangère : ils cherchent avant tout des solutions locales à leurs problèmes, rencontrés sur le terrain, tout en restant fidèles à des représentations distinctes du développement durable. La mise en récit, après coup, de leurs choix, et leur « parler vrai » ont l'authenticité du vécu et montrent également leur réflexivité sur les choix effectués. Ils acceptent de tâtonner, de chercher, de faire des erreurs, mais peu à peu ils sont capables de modifier leur trajectoire et le fil rouge qui leur a permis de garder le cap apparaît.

Cette posture de décideur assumé face à des choix sociotechniques trouve sa source dans une forme d'autonomie et de réflexivité sur la place des machines dans leurs exploitations

respectives. On peut dire que leurs choix agrotechniques entrent en résonance avec les propos de Simondon (2014) : « *L'aliénation n'est pas causée par la machine, mais par la non-connaissance de sa nature et de son essence.* » L'appropriation, par l'agriculteur, de l'ensemble des objets et des systèmes techniques dont il peut disposer s'intègre progressivement dans sa culture agricole. Dans cette culture agricole, l'exploitation agricole réinvente également son insertion dans les territoires : ces évolutions agro-machiniques prennent le plus souvent appui sur de nouveaux marchés ou de nouveaux rapports à l'environnement socio-économique. Ces exploitations agricoles sont imaginées comme autant d'écosystèmes intégrés selon une approche concrète et pragmatique orientée vers la recherche de l'efficience agri-environnementale. Pour ce faire, les nouveaux outils de l'agriculture de précision adaptés aux exigences éco-agro-systémiques des parcelles et de l'exploitation sont appréhendés à divers niveaux d'échelle : la parcelle, l'exploitation agricole, le collectif, notamment en interaction avec les autres agriculteurs, ou au-delà, comme dans les récits de Philippe Colin et de Michel Galmel. Dans le même temps, la promotion d'une petite agriculture se développe suivant deux modalités : soit une quasi-absence de machine dans le cadre d'une approche très technicienne et systémique (cf. l'intervention de Perrine Hervé-Gruyer) soit au contraire une omniprésence des machines, tout en se revendiquant également de la permaculture, en conditions urbaines (cf. l'intervention de Marie-Asma Ben Othmen). Par ailleurs, l'agriculture biologique a été la première à acheter des robots de désherbage pour remplacer les herbicides.

L'évolution agro-machinique et le Big Bang numérique : l'émergence de l'AgTech comme nouveau milieu associé

Le numérique fait désormais partie intégrante des évolutions agro-machiniques, lequel vient d'acquiescer un nom : l'AgTech. En février 2016, à l'occasion du Salon de l'Agriculture, cinq start-up agricoles créent une association : « La ferme digitale ». Un an après, les associés sont au nombre de treize. En ce début d'année 2018, ils sont vingt et un, et on peut s'attendre à voir cinq ou six nouvelles start-up rejoindre ce groupe au Salon de l'Agriculture 2018. Une part d'entre elles sont directement impliquées dans les agro-équipements (robots, capteurs...), comme VITIROVER, NAÏO, SENCROP, WEENAT, CARBON BEE, KARNOTT,

etc. D'autres ont des actions indirectes sur l'utilisation des machines (plates-formes diverses, outils de mutualisation). D'autres encore peuvent avoir des effets indirects, de par la réorganisation de l'exploitation agricole qu'elles entraînent¹⁵.

L'analyse des start-up de l'AgTech française révèle un profil sociologique original de leurs fondateurs. Ce sont souvent des jeunes (moins de 35 ans), d'origine agricole (enfants, neveux ou petits-enfants d'agriculteurs). S'ils sont plus âgés, ils sont agriculteurs eux-mêmes et ne sont pas dans les circuits financiers des start-up (cf. l'intervention de Xavier David-Baulieu et Arnaud de la Fouchardière). Ces fondateurs sont tous diplômés d'études supérieures dont une partie d'entre eux d'écoles d'ingénieurs en agriculture ou en électronique-informatique, les autres, d'écoles de commerce. Ils souhaitent adapter les outils les plus récents, et en particulier les technologies numériques, aux besoins des exploitations agricoles. Cette émergence des start-up de l'AgTech conduit les acteurs financiers à s'adapter : de nouveaux fonds apparaissent, dédiés à l'agriculture, à l'agro-industrie et à la valorisation industrielle ou énergétique de la biomasse. Ainsi, le Crédit Agricole a créé « Le Village by CA », pépinières de start-up dont la première a été inaugurée à Paris, et une vingtaine a suivi dans toutes les régions de France. Les domaines ciblés sont : l'agriculture et l'agro-alimentaire, l'économie de l'énergie et de l'environnement, le logement, la santé et le bien vieillir, le tourisme. À ce jour, sur les quatre cents start-up de ces pépinières, une trentaine est directement liée à l'agriculture.

Ainsi, le numérique se construit sur l'agro-machinisme, mais il le déborde largement. Des entreprises importantes du numérique investissent pour des finalités agricoles : Google, en mai 2017, dans la start-up américaine *Farmers Business Network* (FBN). Celle-ci a créé une plate-forme de partage entre agriculteurs comme outil d'aide à la décision. En France, InVivo a acquis Smag en 2014. Smag promeut la place des nouvelles technologies comme outil incontournable dans le « développement d'une agriculture de précision, compétitive et durable ». Les grands groupes du machinisme ne sont pas en reste et, après avoir connecté leurs machines, ils entreprennent des diversifications vers les robots, comme Fendt, Pioneer ou le groupe New Holland.

¹⁵ Toutes les start-up nommées, de même que « la ferme digitale », ont un site qui est accessible sur le web grâce à leur nom.

Le fait majeur de cette émergence de l'AgTech est la constitution progressive de nouveaux « milieux associés » (Dubois, & Sauvée, 2016). Les nouveaux milieux associés à ces évolutions agro-machiniques ont de multiples composantes et extensions, notamment dans le monde de l'enseignement supérieur et de la recherche. Ainsi, les écoles d'agronomie ont créé des parcours d'innovation et d'entrepreneuriat en cohérence avec la problématique agro-machinique¹⁶. De nouvelles modalités de création et de diffusion de l'innovation se font jour, et les relations entre les agriculteurs et les firmes de l'agro-machinisme s'en trouvent également transformées (cf. l'intervention de Delphine Caroux). Des initiatives concrètes cherchant à créer de nouvelles formes de collaborations voient le jour¹⁷. Cette évolution des milieux associés en relation à l'agro-machinisme va de pair avec une transformation plus profonde qui se situe au niveau agronomique, avec sa forte dimension agro-écologique (Griffon, 2017). Nous retrouvons ici un des ressorts fondamentaux de l'évolution agrotechnique en cours, où l'objectif est d'intensifier les interactions systémiques à plusieurs niveaux d'échelle. « *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* » (Guchet, in Dubois, & Sauvée, 2016 : p. 129). Il convient toujours de dominer la nature puisqu'il s'agit de la faire produire, mais pour cela, il convient de s'adapter à ses modalités, de l'accompagner et même de l'imiter (biomimétisme).

Agro-machinisme et question énergétique à l'aune des niveaux d'échelle

Concernant la question énergétique, il apparaît que l'agriculteur dispose d'une marge de manœuvre réelle, même s'il ne l'utilise pas toujours pleinement. Pour autant, cela ne signifie pas que le succès du choix individuel d'un mode de production soit adapté, sans transformation, à des changements d'échelle. De même, le concept de changement d'échelle doit aussi être revisité, en distinguant deux niveaux. Le premier niveau mesure une échelle spatiale, et le deuxième, une échelle de diversité ou de différenciation, en agrégeant

¹⁶ UniLaSalle vient de créer un FabLab agricole, appelé AgriLab. Grâce à une première série d'ateliers, a été mise en place une expérience de conception et de réalisation de capteurs connectés et d'outils d'aide à la décision en open source, par et pour les agriculteurs.

¹⁷ Un BootCamp sur l'Internet des objets (IoT, Internet of Things), organisé par UniLaSalle, les 24, 25 et 26 novembre 2017 : <https://www.unilasalle.fr/lasalleactus/agriculture-connectee-bootcamp-linternet-objets-lagriculture-a-unilasalle/>

les exploitations individuelles. Dans le niveau d'échelle classique, on passe de la parcelle à l'exploitation, puis au territoire, etc. Dans le niveau d'échelle qui correspond au taux de pénétration, on mesure au sein d'un territoire donné, l'importance d'un mode de production, d'un système de culture, d'une espèce cultivée, d'un traitement donné, etc. Il est important de tenir compte de ces deux niveaux d'échelle qui ne peuvent plus être analysés indépendamment du système technique utilisé¹⁸. Ne pas tenir compte des deux à la fois, c'est s'empêcher de penser système et intégration systémique.

La problématique énergétique est une contrainte macroscopique de l'ensemble du système agro-machinique. La présentation de Petros Chatzimpiros montre que la situation actuelle n'est pas durable dans un contexte de pénurie d'énergies fossiles. On peut imaginer une baisse de cette consommation par l'usage de robots, tous électriques. Mais cela entraînera la croissance d'une énergie électrique consommée régulièrement, autrement dit du nucléaire, ou des batteries, ou de toute autre forme de stockage. Le problème de l'azote ne sera pas non plus résolu. En effet, s'il est possible de remplacer les nitrates obtenus par la réduction chimique de l'azote gazeux – grâce aux énergies fossiles –, par le processus de fixation biologique de l'azote (les légumineuses), cela génère un autre coût. La réduction biologique est obtenue grâce à l'énergie fournie par la photosynthèse aux bactéries symbiotiques associées. On peut réaliser un travail d'amélioration de cette « fixation biologique de l'azote ». Les possibilités peuvent se décliner à différents niveaux d'échelle, du moléculaire au territoire. Mais ce sera un processus long et complexe. Aujourd'hui, il semble encore difficile de prétendre qu'on peut, globalement, se passer des intrants chimiques et maintenir un rendement moyen semblable. Il faudra peut-être accepter une perte globale d'environ un tiers, avec des variations selon les régions, les productions et le niveau scientifique et technique de l'agriculteur (Le Buanec, 2012 ; Deguine *et al.*, 2016).

Cette contrainte énergétique s'accompagne d'autres limitations corrélées qui font que la recherche d'optimisation va devenir de plus en plus urgente (Dubois, 2016). Pour ce faire, il s'agit de penser le système éco-agro-systémique aux différents niveaux d'échelle, et de ne pas inférer immédiatement une homologie de résultats dans le passage du niveau de l'exploitation agricole à celui d'un territoire puis à l'échelle nationale, continentale, voire

¹⁸ Le terme « système technique » est employé ici dans le sens que lui a donné Bertrand Gille in *Histoire des techniques*, Bibliothèque de La Pléiade, Gallimard, 1978.

planétaire. À partir des quatre exposés d'agriculteurs, il est possible de réaliser l'expérience de pensée suivante. Sur une surface de l'ordre d'une grande région agricole, on fait l'hypothèse d'une répétition de leur modèle de manière prescriptive. Pour le robot VITIROVER, dépasser le cadre viticole peut conduire à maintenir le processus d'adaptation aux conditions locales ce qui peut conduire à le modifier, le transformer. En ce qui concerne le miscanthus, la simplicité du modèle pourrait conduire à une forme d'aberration écologique avec pour conséquence l'implication nécessaire de grands groupes énergétiques qui écraseraient les prix au point de faire perdre tout intérêt pour les agriculteurs de cette production. Pour garder sa valeur économique et écologique, cette culture doit être située aux abords de structures ayant besoin de ressources caloriques. Le modèle du Bec Hellouin (cf. l'intervention de Perrine Hervé-Gruyer) semble très bien adapté aux formes de productions maraîchères à proximité des grandes villes, modèles qui existaient encore en France au début du xx^e siècle (cf. l'intervention de Marie-Asma Ben Othmen). Ce modèle permacole appliqué de manière générale sur de grandes surfaces conduirait à des volumes de production très importants, des recyclages de même ampleur et des densités élevées de population agricole. Cette transformation territoriale et sociale poserait des problèmes de logistique collective avec comme conséquence une baisse de marge asphyxiant le système. La limite d'échelle deviendra le nombre d'agriculteurs. Le modèle de l'entrepreneur de travaux agricoles ne peut lui-même fonctionner que comme partie intégrée dans un milieu agricole vaste. Quant à la ferme polymorphe (cf. l'intervention de Michel Galmel), il est possible que sa multiplication excessive finisse par créer une forte concurrence en agrotourisme, conduisant à une baisse de revenus.

Autant, il peut être stimulant de copier un modèle innovant dans son inventivité et dans la recherche incessante de solutions locales et adaptées à soi, autant une prescription générale, nomologique et homogénéisante de leurs résultats et l'extension à un niveau général dans le système agrotechnique dans son ensemble, n'est guère envisageable. L'évolution agrotechnique bute sur des frontières externes d'équilibre entre besoins énergétiques, besoins alimentaires et disponibilités en ressources naturelles. Les principes d'efficience économique-environnementale, et notamment dans leur composante énergétique, ne s'incarnent pas de la même façon selon le niveau d'échelle auquel on se réfère. L'appréhension des effets d'échelle devrait donc jouer un rôle de « principe

régulateur » : certains choix ne peuvent être multipliés densément sur un territoire, car leur valeur ajoutée dépend de situations géographiques. Certains autres peuvent connaître une amplification forte dans des parties spécifiques des territoires : proximité d'une consommation immédiate, proximité de réseaux de transport adaptés. D'autres choix enfin peuvent se multiplier sur l'espace national à condition de ne pas dépasser une certaine densité (spécifique du choix envisagé). On pense notamment à tous les efforts de mutualisation du matériel. Les nouvelles technologies permettraient de construire des réseaux d'échanges qui souvent dépasseront les territoires régionaux, voire nationaux. L'idée de bassins de production serait-elle mise à mal ? On peut en douter, car un bassin de production relié à une logistique adaptée peut avoir une vocation d'équilibrage par rapport à des importations de produits agricoles non cultivables dans nos climats. Il est donc possible qu'il résiste bien aux différentes solutions nouvelles développées à condition que leurs densités respectives sur le bassin de production restent en dessous d'un certain seuil optimal.

Un nouvel encyclopédisme agricole à la base de l'évolution agro-machinique ?

Nous faisons l'hypothèse que ces évolutions agro-machiniques sont conditionnées par une capacité encyclopédiste. Mais cet encyclopédisme n'est pas premier. Il est une conséquence : c'est dans le souhait d'innover que réside ce ressort et la volonté d'accéder à une solution originale, conduisant souvent à de longues recherches, des rencontres originales, des voyages à l'étranger et des lectures éclairantes, comme le montrent à plusieurs reprises les récits professionnels. Ces innovations agro-machiniques supposent également l'existence ou la création de milieux associés comme nous l'avons vu. Ainsi, les rapports entre les agriculteurs et les conseillers, les fournisseurs et les chercheurs semblent changer de nature. Ils semblent tous être dans une interdépendance accrue et, par conséquent, les agriculteurs peuvent conserver et amplifier leur autonomie. Leurs souhaits d'agir, de connaître et d'inventer sous-tendent ces évolutions techniques. Celles-ci vont s'affirmer d'autant plus qu'une dynamique en relation à des milieux associés et des modalités nouvelles, d'accompagnement et de suivi vont les guider. Ces évolutions techniques supposent également de nouvelles formes d'échange et d'interaction pour la co-

conception, à l'écoute des problèmes rencontrés sur le terrain. Il s'agirait ici de construire, voire d'organiser, des processus de changements agrotechniques. L'existence de milieux associés à l'évolution agrotechnique joue le rôle de catalyseur permettant de réaliser (ou d'accélérer) ce processus d'individuation des exploitations agricoles (Dubois, & Sauvée, 2016). Cependant, comme l'avait montré le séminaire « Évolution Agrotechnique Contemporaine » de 2015, il y aurait long à dire sur l'ensemble des freins à ce processus. Néanmoins, quand un viticulteur conçoit le robot dont il a besoin et le promeut au sein de la profession, c'est une barrière sociale qui tombe : la capacité d'invention, d'innovation et d'entrepreneuriat s'est déplacée chez les agriculteurs. Ces expériences sont encore peu nombreuses, car de nombreux agriculteurs, réticents aux nouvelles technologies et surtout doutant de leur savoir-faire, restent réservés quant à leur implication directe dans l'innovation. Des expérimentations supprimant ces barrières psychologiques, sociales et organisationnelles sont concevables et déjà à l'œuvre dans de multiples initiatives de terrain.

Comme souligné en introduction, une technique, même nouvelle, n'est pas un « objet technique isolé » que l'expérience immédiate permet de comprendre. Elle provient d'un croisement de multiples déterminations, et ce croisement est réalisé par l'inventeur. Les inventions en agriculture portent en arrière-fond la crise énergétique, climatique, environnementale et les limites en ressources. Nous avons vu que les solutions sont locales et traduisent des choix de concrétisation divers. L'accélération des évolutions techniques, en relation avec les NTIC/NBIC, qui touche toutes les sociétés industrialisées, est désormais perceptible en agriculture (cf. l'intervention de Corentin Chéron). Comme le souligne Vincent Bontems, « *le malaise des intellectuels face aux évolutions techniques, les tentations de replis hiératiques, les effets d'autorité au travers d'analogies incontrôlées, l'acceptation générale de l'opposition des "deux cultures" sont autant de manifestations actuelles d'une crise de la culture engendrée par l'accélération des évolutions techniques* » (Bontems, 2006). Ce séminaire révèle selon nous une crise qui se situerait dans une appropriation nouvelle de techniques innovantes.

Les récits professionnels montrent des agriculteurs à la recherche de solutions à leurs problèmes, qu'il s'agisse de création de valeur, d'accès au marché ou d'amélioration des conditions de production. Ce faisant, ils deviennent les germes d'une crise : « [...] *lorsque les techniques se modifient, certains des phénomènes humains constituant une culture se*

modifient moins vite et moins radicalement que les objets techniques [...]. Ces contenus culturels à évolution lente, qui étaient jadis en relation de causalité réciproque, dans une totalité organique constituant la culture, avec les formes techniques qui leur étaient adéquates, se trouvent maintenant être des réalités-symboles partiellement en porte-à-faux » (Simondon, 2014 : p. 24). Simondon montre également que « *les entreprises encyclopédiques n'apparaissent pas dans les phases de causalité réciproque entre culture et civilisation ; elles interviennent durant les crises* » (Simondon, 1958 : pp. 93-95). Aussi peut-on faire l'hypothèse que le monde agricole évolue vers une forme d'encyclopédisme.

Simondon oppose deux figures de réalisation inadéquate de l'encyclopédisme : l'autodidacte et l'idolâtre des supports humains du savoir. L'autodidacte serait ici l'agriculteur, tenté de tout ramener à lui-même, qui voudrait tout réinventer. L'idolâtre est ici représenté par la population de ceux qui veulent conseiller les agriculteurs en croyant savoir pour lui, à partir de schémas et de modèles déjà construits et qui n'auraient qu'à être appliqués. Par l'expérience directe de l'apprentissage du savoir-faire, qui réunirait des agriculteurs, des chercheurs, des conseillers, des professionnels et des institutionnels, les schémas conventionnels pourraient être transformés. Ces nouveaux modèles d'apprentissage pour l'invention et l'innovation agro-machiniques remettront en cause les schémas top-down (cf. l'intervention de Romain Piovan). Il s'agirait ainsi de mettre en place ces relations de partenariats pour la co-conception qui, encore aujourd'hui, font défaut, mais qui sont réclamées par nombre d'agriculteurs dans un contexte d'une transition indispensable vers l'agriculture et l'agro-industrie durables.

Néanmoins, nous pouvons partager l'émerveillement de Mathieu Arnoux : cette journée a mis en valeur de multiples exemples qui suggèrent des modèles de pensée complémentaires, juxtaposés, parfois contradictoires, ou indépendants. Le foisonnement des idées, la multiplicité des chemins d'invention et une certaine forme d'exubérance dans les initiatives suggèrent une entrée de l'agriculture dans une ère de rupture. Le modèle agricole de demain pourrait être, à l'instar du monde vivant, celui d'une unicité de principe dans son fonctionnement fondamental associé à une diversité quasi infinie des modes de production et de structures agricoles.

Aurélien-Gabriel Cohen suggère qu'il convient désormais de « *composer avec la variation irréductible du vivant au lieu de lutter perpétuellement contre elle* » (Cohen, 2017). Selon lui, en prenant appui, dans son raisonnement, sur ce que nous enseigne la permaculture, l'agriculture doit passer d'une « *épistémologie des lois à celle de l'enquête* ». Mais rien n'est dit sur les conditions de cette révolution épistémique et il n'est pas sûr que les évolutions agrotechniques à venir en suivent la voie. Simondon montre, à partir d'analyses historiques, phylogénétiques, ontogénétiques, sociogénétiques, que le progrès est un processus discontinu, traversé par des crises (Simondon, 2015b). Ces crises sont franchies selon des processus d'apparente régression que Simondon analyse en référence à la néoténisation, concept biologique qui décrit une modulation du tempo du développement (Morizot *in* Barthélémy, 2011 : p. 109). L'homologie de son analyse avec celle de Thomas Kuhn (1962) sur la structure des révolutions scientifiques est frappante. Selon Kuhn, entre les crises, la science est ordinaire ou « normale », ce que Simondon décrit par « l'adaptation croissante ». *A contrario*, l'état de crise fait émerger une « science extraordinaire » à la base d'un nouveau paradigme organisateur.

Nous serions ainsi entrés dans la situation décrite par Simondon : « *La communication entre les objets techniques est de type encyclopédique ; chaque objet ou chaque société d'objets comporte des éléments qui [...] sont dans une relation telle que les structures et leurs fonctionnements deviennent compossibles les uns par les autres ; l'invention institue une compossibilité non par compromis et réduction du champ des possibles, mais parce qu'un dispositif qui ne serait pas viable tout seul devient viable quand il est mis en communication (action et information) avec d'autres. Naturellement, l'organisation technique (et l'invention qui l'institue) dépend des conditions (préindustrielles, industrielles) dans lesquelles elle apparaît* » (Simondon, 2015a : p. 80).

En effet, quand l'industrialisation de l'agriculture s'est mise en place, ce n'est pas une connaissance ou une approche scientifique qui a été imposée à l'agriculture. Ce sont des choix politiques motivés par des raisons qui tenaient compte des réalités sociales, techniques, scientifiques et historiques du moment. L'écologie, comme science, commençait juste à prendre son essor. Le monde agricole pauvre et peu instruit vivait dans des conditions difficiles. Les techniques de précision étaient inexistantes, les rendements et la productivité, misérables. La culture agro-écologique n'existait pas en 1970. Or, il semble

qu'aujourd'hui les conditions sont présentes pour une transformation, avec de nouveaux outils de communication et d'échange, de nouveaux milieux associés en émergence, de nouveaux modes de production industriels, des outils de maîtrise de la précision, de nouvelles démarches de conception des agro-écosystèmes (Berthet, 2016) avec, bien sûr, comme toile de fond des contraintes énergétiques et écologiques croissantes.

Darwin a renversé les recherches sur l'évolution en acceptant comme fait une énigme : la variabilité du vivant. Il a pris ce qui était inconcevable comme l'élément à partir duquel il fallait penser l'évolution (Lenay, 1999). Dans le nouvel encyclopédisme agricole, la conception de l'évolution, et en particulier celle des agro-écosystèmes, devra avoir sa place. C'est bien sur la diversité et la relation au monde vivant que la pensée agro-machinique va pouvoir s'appuyer, à rebours de la vision recherchant le forçage par homogénéisation du champ par la machine. La théorie actuelle de l'évolution (Gould, 2006) a élaboré des notions nouvelles qui peuvent permettre de mieux comprendre les tendances des transformations agrotechniques en relation au vivant : notamment la discontinuité dans les processus de changement, avec la notion d'équilibres ponctués, où périodes de relative stabilité alternent avec périodes de changements rapides ou l'exaptation, c'est-à-dire une capacité d'adaptation des organismes privilégiant les caractères utiles à une nouvelle fonction en réponse aux changements du milieu. Dans ce sens, « *le problème philosophique le plus important de l'heure présente, c'est celui du moteur du progrès* » (Simondon, 2015b : p. 400). Ce moteur des évolutions agrotechniques serait à rechercher dans la quête accrue d'une capacité d'adaptation des agro-écosystèmes aux nouvelles caractéristiques du milieu social, environnemental et technique.

Ouverture finale

Le vivant est hétérogène et différencié. Xavier Guchet a souligné les points de convergence entre agriculture et médecine résultant de la combinaison d'approches systémiques et de la reconnaissance de l'hétérogénéité du vivant (Dubois, & Sauvée, 2016). L'agriculture de précision a proposé, grâce aux nouvelles technologies, des approches techniques moins homogénéisantes et plus adaptées aux conditions locales. Elle se révèle être une approche technique qui répond aux besoins des principes de l'agro-écologie. Si le sol (vivant) et l'agro-

machinisme sont bien les supports de l'agriculture, la production agricole concerne directement des êtres vivants ou des produits qui en proviennent et pourrait coloniser n'importe quel espace. Aussi, parmi les chantiers possibles peut-on noter la place de l'animal dans les transformations techniques de l'agriculture, l'amélioration des plantes et les biotechnologies végétales, la relation entre domestication et technique, l'évolution de la relation entre rural et urbain, et le rôle de l'agriculture dans le cadre du choc avec les limites biophysiques de la planète. Autant de voies encore à explorer.

Références bibliographiques

- BARTHELEMY, J.-H. (2008). *Simondon ou l'encyclopédisme génétique*, Paris : PUF.
- BARTHELEMY, J.-H. (2011). *Cahiers Simondon*, 3, L'Harmattan.
- BERTHET, E. (2014). *Concevoir l'écosystème, un nouveau défi pour l'agriculture*, Paris : Presses des Mines.
- BONTEMS, V. (2008). Quelques éléments pour une épistémologie des relations d'échelle chez Gilbert Simondon, *Revue Appareil* [En ligne], 2.
- BONTEMS, V. (2006). Encyclopédisme et crise de la culture, *Revue philosophique de la France et de l'étranger*, tome 131, 3, 311-324.
- CANGUILHEM, G. (2009). *La connaissance de la vie*, Paris : Vrin [1^{re} éd. 1965].
- COHEN, A.-G. (2017). Des lois agronomiques à l'enquête agro-écologique. Esquisse d'une épistémologie de la variation dans les agro-écosystèmes, *Tracés. Revue de Sciences humaines* [En ligne], 33, <http://journals.openedition.org/traces/6989>
- DEGUINE, J.-P., GLOANEC, C., LAURENT, P., RATNADASS, A., & AUBERTOT, J.-N. (2016). *Protection agro-écologique des cultures*, Versailles : Quae.
- DEWEY, J. (1993). *Logique. La théorie de l'enquête*, Paris : PUF [1^{re} éd. 1938].
- DUBOIS, M. J.-F. (2016). *Vivre dans un monde sans croissance : quelle transition énergétique ?* Paris : DDB.
- DUBOIS, M. J.-F., & SAUVEE, L. (dir.) (2016). *Évolution agrotechnique contemporaine. Les transformations de la culture technique agricole*, UTBM.
- GILLE, B. (1978). *Histoire des techniques*, Paris : Bibliothèque de La Pléiade, Gallimard.
- GOULD, S.-J. (2006). *La structure de la théorie de l'évolution*, Paris : Gallimard.
- GRIFFON, M. (2013). Vers une septième révolution agricole, *Revue Projet*, 332(1), 11-19.
- KUHN, T. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*, Paris : Flammarion col. Champs, [édition initiale américaine, 1962 ; revue en 1970].
- LE BUANEC, B. (2012). *Le tout bio est-il possible ?*, Versailles : Quae.
- LENAY, C. (1999). *Darwin*, Paris : Les Belles Lettres, coll. Les figures du Savoir.

SIMONDON, G. (2012). *Du mode d'existence des objets techniques*, Édition Aubier, [1^{re} éd. 1958].

SIMONDON, G. (2014). « Psycho-sociologie de la technicité (1960-1961) ». In G. SIMONDON, *Sur la technique*, PUF.

SIMONDON, G. (2015a). « Cours sur la communication (1970-1971) ». In *Communication et information*, PUF.

SIMONDON, G. (2015b). « Le progrès, rythme et modalités », *Critique*, t. LXXI, 816 [Texte écrit avant 1960].

Les débats

Après la présentation de Perrine Hervé-Gruyer

Julien Reynier – A-t-il fallu des investissements de départ ? Et quel montant faut-il prévoir ?

Perrine Hervé-Gruyer – Nous avons dilapidé une part de notre capital davantage dans les erreurs commises et les tâtonnements. Nous avons réalisé la liste exhaustive de tous les outils nécessaires pour le maraîchage intensif manuel. C'est indiqué sur le site de l'Institut Sylva. Dans la fourchette haute, on peut atteindre 25 000 €, en comprenant les serres, l'irrigation et tous les matériels nécessaires, hors foncier et bâti. On arrive à des investissements relativement raisonnables et suffisants pour créer un atelier de production intensif

Thomas Bourgeois – Comment vous approvisionnez-vous en semences ?

Perrine Hervé-Gruyer – Au début, nous avons cherché des semences bio. Mais nous avons commencé dès le début à produire nos propres semences. Aujourd'hui, près de 50 % des semences utilisées viennent de nos propres productions. Nous sommes en fond de vallée. C'est très humide avec un vent dominant de nord nord-ouest. Nous avons cherché à acclimater nos semences, mais il faut aussi réussir à stabiliser la production au niveau gustatif.

Jean Luciani – Je vois bien l'intérêt pour le développement d'outils agricoles, mais aussi pour l'aspect économique. Je comprends votre démarche comme une sortie de la valorisation de l'individualisme, un nouveau mode d'organisation du travail, un dévouement au bien commun. C'est très enthousiasmant. N'allez-vous pas vers une économie du bien commun ?

Perrine Hervé-Gruyer – Innover et y prendre du plaisir éloigne des logiques de profit, du goût de l'industriel et, pourtant, nous restons dans la logique de l'efficacité. Économiquement, je ne sais pas si notre choix de ne rien protéger « tient la route », mais c'est bien notre approche. Aucun de nos outils n'est protégé. Nous avons été copiés. On voit les innovations comme nécessaires. Après, l'enjeu économique se situe dans le coût des moyens et du temps pris sur notre propre production. C'est réellement un défi de faire avancer ces innovations à disposition de tous ceux qui veulent aller dans la même direction.

Après la présentation de Delphine Caroux

Mathieu Arnoux – Je suis là aussi pour faire la provocation de l'historien... Je suis toujours très étonné quand on me dit qu'il y a eu une transformation de l'agriculture qui succède à quelque chose de traditionnel qui prend la forme de l'angle immuable des champs. Mais, pour un historien des campagnes, ces dernières sont le lieu où on innove au moins depuis le XII^e siècle. La première étape du machinisme a été le remplacement des bœufs par des chevaux en relation avec le labour. Il n'y a pas de moment en Europe où l'agriculture n'innove pas et, contrairement à l'idée répandue, c'est la ville qui est conservatrice. Elle n'a pas évolué pendant des siècles. Il faudrait placer cette ultime étape que vous décrivez dans le cadre d'une vérité qui doit être dite : « *Il n'y aurait pas eu l'industrialisation s'il n'y avait pas eu la capacité de l'agriculture à nourrir l'urbanisation.* » Entre 1840 et 1940, de combien augmente la région parisienne ? En termes d'organisation, comment est-ce qu'on peut imaginer les progrès immenses qui se font en productivité alors qu'on est en période de crise. Il faudrait dire que l'endroit où le progrès advient, c'est la campagne. La ville reste l'endroit où on se protège de la nouveauté, contrairement à ce qu'on pourrait penser.

Après la présentation de Corentin Chéron

François Peaucellier – Merci pour les exposés de ce matin, et la transmission de votre expérience, dont celle de Perrine Hervé. Je suis agriculteur ici, pas très loin de Beauvais, membre et président d'un petit groupe d'agriculteurs en Picardie. Je pratique le semis direct sur mon exploitation, à 100 %. Je suis en grande culture et j'ai développé une entreprise qui fait du compostage de fumier. Nous avons découvert dans le nord de la France, une machine d'origine belge. Je ne suis donc pas contre les machines. Mais nous nous intéressons vraiment au sol et nous pratiquons l'agronomie. Je crois qu'on peut sortir, en partie, du machinisme, car toute cette technologie, ces capteurs, l'autoguidage restent magnifiques, mais il faut les utiliser à bon escient. Il faut savoir et pouvoir enregistrer ce que l'on fait et le réutiliser. Regarder, observer, analyser, ne pas laisser les capteurs décider. Il faut rester les pieds sur terre, et c'est un long apprentissage

Victor Le forestier – Je suis en train de m’installer en Seine et Marne sur l’exploitation familiale. J’ai une petite expérience dans le machinisme, car j’ai travaillé durant quatre ans et demi pour une PME. Ce qui m’a choqué, c’est d’entendre que les PME pourraient être un frein à l’innovation. Au début, quand j’ai travaillé chez ce petit constructeur, il était tout seul. C’était un agriculteur. J’ai travaillé avec lui comme mécano et quand je suis parti nous étions dix. On est parti d’une machine américaine, apportée en pièces détachées. Après des essais durant un an et demi, nous avons observé que cela ne correspondait pas à ce que les agriculteurs demandaient. Donc on a fabriqué en France, et toutes les modifications apportées venaient des paysans. Toutes les innovations que nous avons apportées ont été reprises par les grandes entreprises dans l’année qui a suivi. Les grandes entreprises nous ont suivis. Elles ont vraiment tout copié et aujourd’hui, ce sont toujours les petites entreprises qui lancent des nouveaux semoirs. Deux autres PME, une Landaise et une autre du Gers (quatre ou cinq personnes), lancent des semoirs à disques inclinés. C’est un détail technique qui a un rôle important, car les entreprises historiques de l’agriculture de conservation, implantées dans les semoirs, proposent toujours les mêmes depuis trente ans. Ceci est juste une expérience personnelle, mais je connais des dizaines de PME qui innovent dans l’agriculture de conservation.

Thomas Bourgeois – Je suis agriculteur dans l’Oise, spécialisé dans les semences. Je vois bien ces grands groupes qui essaient d’emmener les agriculteurs dans quelque chose de complet, tout livré clé en main, avec des OAD. On risque de nous mettre des freins en nous disant : « *Si vous n’avez pas tel outil ou tel autre, vous ne pourrez pas travailler correctement.* » J’ai peur qu’on nous impose beaucoup de choses en passant par tous ces capteurs. Les agriculteurs doivent produire en fonction des critères aval, que ce soit en vente directe ou à un transformateur ou à l’export. Sinon le prix ne sera pas bon. Si nous voulons rester au top de ces techniques, il faut de nombreuses heures de formation. Sans des formateurs à nos côtés, nous ne pouvons pas jouer aux apprentis sorciers.

Un agriculteur du Pas-de-Calais, de l’APAD – J’ai une remarque par rapport aux capteurs et tout ce qui va avec. Dans le cadre des moissonneuses, le problème est en rapport aux big data. Une grande marque américaine se servait des données collectées sur les capteurs des moissonneuses pour, dit-on, les revendre à des traders. En effet, cela permet d’estimer les rendements potentiels par pays et influencer les marchés. J’ai suivi une formation où on

nous a expliqué l'intérêt de travailler sur ces données. Ce serait un nouvel enjeu, car le stockage des données, suivi de leur retraitement et peut-être de leur vente, pourrait avoir ainsi une influence à une autre échelle, et tout cela grâce à des capteurs sur nos machines que nous avons financés. Je fais aussi de l'agriculture de conservation. Par rapport aux PME, je suis d'accord. Je prends des semoirs chez les grandes marques uniquement pour des raisons économiques. Quand on achète des produits qui se rapprochent trop des prix des grandes marques, le jour où il faut les revendre, on perd trop d'argent, car la décote est plus importante que pour les grandes marques. C'est un avis personnel et pas un cas général, mais c'est pour cela que je ne prends pas de semoirs de petites marques moins connues.

Julien Reynier – Je ne suis pas agriculteur, mais chargé de développement de la coopérative *l'Atelier paysan*. Nous représentons des agriculteurs et nous travaillons directement avec eux. Nous avons formé un peu plus de 1 200 agriculteurs à l'autoconstruction. Ils sortent de formation en étant en capacité de dédramatiser leur rapport à l'outillage et à leur outil de production. Ils sont capables de mettre une disqueuse adaptée à leur machine et de reconnaître en quoi la machine qu'ils ont achetée dans le commerce est standard : la même pour un maraîcher de Bretagne ou du sud de la France. Ils comprennent la spécificité de leur situation, de leur contexte sur leur ferme, toujours particulière, et ils analysent l'adaptation de leur machine à leurs besoins. Avec *l'Atelier paysan*, nous pouvons dédramatiser cette question technique. Aujourd'hui, même si ce n'est peut-être pas toujours conscient, on cherche à enfermer le paysan dans un rôle de simple extracteur de matière première. Mais le paysan est bien plus que ça. Il est capable de commercialiser ses produits. C'est un bon mécanicien et il sait adapter, réparer, bricoler ses outils. C'est une autre vision de l'agriculteur qu'un certain nombre de réseaux promeuvent aujourd'hui dans les milieux agricoles. Par exemple, l'association nationale qui s'appelle InPACT (Initiative pour une agriculture citoyenne et durable), laquelle rassemble des associations qui font un pas de côté en agriculture : le réseau CIVAM (Centre d'initiatives pour valoriser l'agriculture et le milieu rural), les AFOCG (Association de formation collective à la gestion), *l'Atelier paysan*. Nous sommes porteurs au sein d'InPACT de la question de la souveraineté technologique. Dans ce contexte de redéfinition de la politique publique sur les agro-équipements, on constate la volonté de faire un plan innovation agriculture 2025 et de consacrer quelques millions d'euros au développement de la robotique et des technologies du numérique en

agriculture. De notre côté, nous nous sommes posé la question : est-ce que les paysans sont en capacité de faire des choix techniques et d'intervenir dans ces choix techniques ? Nous avons fait un plaidoyer dont j'ai quelques exemplaires et que nous avons publié en novembre de l'année dernière. Nous avons fait un séminaire (le 5 avril 2017) pour prolonger ces questionnements, à AgroParisTech. Notamment, je peux prendre comme exemple l'intervention d'un paysan, Guy Kastler, très engagé sur les semences paysannes. Son intervention concernait l'agriculture intelligente et le problème des paysans expropriés de leurs savoirs. Pour vous dire dans quel état d'esprit nous regardons avec intérêt ce développement technique et technologique, mais en même temps, nous préférons éviter l'excitation autour de ces développements et nous souhaitons qu'on prenne le temps : s'asseoir et étudier si cela correspond vraiment à des besoins ; quels vont être les impacts, conformément à ce qu'a présenté Delphine dans sa présentation sur la tradition sociologique française qui veut voir les impacts de la mécanisation sur le milieu social de l'agriculture. Nous voudrions évaluer l'effet de l'introduction de ces nouvelles technologies sur l'agriculture. Qu'est-ce que cela modifie fondamentalement le rapport au métier, au monde vivant ? Est-ce qu'une machine peut apporter quelque chose à l'appréhension de l'agriculteur et à l'expérience d'un être humain face au vivant ? Est-ce qu'un être humain comprend du vivant la même chose qu'une machine ? Ce sont les grandes questions qui nous traversent et un certain nombre d'agriculteurs se les posent également.

Perrine Herbé-Gruyer – Je vois la mal-compréhension de la permaculture par la société civile. Il y a une reconstruction à faire de la relation sociale entre l'agriculture et la société civile. Je crois qu'il y a une dimension qui ne doit pas être oubliée. Au-delà de la perte d'autonomie de l'agriculteur, il y a aussi la dimension humaine. Il y a le plaisir et la fierté de faire ce qu'on fait et si on passe par trop de supports automatisés, je ne suis pas certaine que ce soit le même rapport. Socialement, c'est encore pire. Je constate en ce moment la difficulté qu'ont les agriculteurs à se faire comprendre de la société civile, et je crains que cette dématérialisation et cette dépossession du métier n'aggravent le fossé créé entre la société civile et l'agriculture. Comme s'il fallait remettre en contexte la dimension physique, émotionnelle et sociale de l'agriculture.

Jean Luciani – L'analyse des statistiques et des recensements, en France, montre que le maximum d'actifs en agriculture se situe en 1911. Après, la population va décroître, mais

avec des différences régionales considérables : dès 1870, en Alsace ; et seulement à partir de 1930, en Bretagne. Il y a donc des différences notables. Tout le monde a les chiffres récents en tête : 1,5 million d'agriculteurs en 1990 ; moins de 700 000 en 2015. C'est-à-dire qu'en vingt-cinq ans, la population a été divisée par deux. C'est extrêmement rapide. Deuxième point concernant la présentation de Delphine : sujétion, association, autonomie. Il y a une quatrième dimension qui doit être considérée, c'est l'appropriation. Par exemple, en Afrique, le transfert de technologie que ce soit dans l'industrie ou l'agriculture est mal vécu par la population locale, parce que ce sont des objets totalement nouveaux. Il y a un proverbe africain qui dit : « *Quand la machine travaille, l'homme regarde.* » Il y a de nombreuses interprétations : admiration de la productivité de la machine, découragement face à la machine, ou tout simplement inactivité, etc. L'appropriation fait partie de l'enjeu. Le fait d'être destitué du pouvoir de décision montre que, à l'intérieur des pays développés, l'agriculteur peut se voir imposer une technique pour laquelle il n'éprouve pas de besoin et qu'il n'a pas vraiment le choix.

Romain Piovan – On peut avoir tout un débat sur l'origine des innovations et des brevets, mais il va de soi que les grands groupes n'ont pas le monopole de l'innovation. Une grande entreprise a plus de capacités d'investissement qu'une PME. De plus, elle est à l'écoute des tendances à des niveaux d'échelle plus importants. Mais à certaines époques, et en des lieux spécifiques, les PME peuvent avoir un grand rôle dans l'innovation. Il y a donc une tension derrière cette problématique de l'innovation et de la taille des entreprises.

Yves Le Morvan – Je comprends bien le risque de la spécialisation et de la perte de l'autonomie pour l'agriculteur. C'est aussi dans ce cadre qu'a lieu le débat sur la valeur économique. Dans la chaîne alimentaire, et conformément à ce qui ressort des États généraux de l'alimentation, le partage de la valeur est un enjeu important. C'est la question de la capacité de l'entreprise agricole à conserver une part de la valeur correspondant aux investissements réalisés et aux innovations mises en place ainsi qu'aux savoir-faire accumulés. Au-delà de l'appréciation et de l'appréhension du matériel, il y a la conservation du savoir et à partir de la conservation, la capacité de négociation avec des opérateurs comme une entreprise patrimoniale ou la grande distribution. Ceci ne sera pas obtenu par des corsets, des réglementations ou des obligations légales, mais par des moyens techniques qui permettront d'être en position de négociation, et ces techniques sont aussi bien des

techniques matérielles qu'organisationnelles (mutualisation, coopération, accords divers). C'est aussi un facteur d'indépendance économique quelle que soit la forme d'exploitation, de la permaculture à l'agriculture urbaine. C'est essentiel, car si on ne sait pas la valeur économique accumulée, tout le reste est amené à se réduire.

Après la présentation de Marie Asma Ben Othmen

Thomas Bourgeois – Je comprends que cette forme d'agriculture puisse se développer aux États-Unis, au Canada, au Japon et dans certains pays d'Asie. En France, je ne sais pas si les Parisiens seront d'accord de manger des salades poussées sous serre en ville en conditions *in vitro* avec tous les éléments minéraux apportés alors qu'il demande des produits bio sur lesquels il ne faut rien mettre.

Marie Asma Ben Othmen – L'agriculture urbaine ne se réduit pas uniquement à la production *in vitro*. Elle a de nombreuses fonctions. Les références individuelles aux consommations dépendent de multiples variables. Il y aura de nombreux aspects qui différeront selon les agglomérations, mais aussi selon les consommateurs. La préférence des consommateurs est à variables multiples et, dans certains cas, on pourra trouver des agricultures en phase avec la permaculture ou le bio.

Romain Piovan – On voit bien ici l'approche environnementale. A-t-on des données sur le potentiel productif et le potentiel de production, car s'il y a demande, l'offre peut-elle suivre ?

Marie Asma Ben Othmen – À ma connaissance, non. On sait seulement que ce sera surtout orienté du côté du maraîchage.

Perrine Hervé-Gruyer – Il ne faudrait pas que la permaculture devienne un alibi. Je ne suis pas sûre que les modèles développés dans les tours qui seront plus industriels qu'agricoles rentrent dans la catégorie permaculture qui est une approche écosystémique. Une culture sur les toits n'a pas la résilience ou la durabilité recherchée. On ne parle pas d'un sol, mais d'un substrat. À partir de là, cela devient compliqué. Je ne nie pas l'aspect pédagogique qui n'est pas à remettre en cause pour des urbains. Je voudrais qu'il n'y ait pas confusion entre ces agricultures urbaines et la permaculture.

Marie Asma Ben Othmen – Il y a bien une dichotomie entre une approche high-tech et une approche low-tech. On peut imaginer de la permaculture dans des espaces péri-urbains. Je suis d'accord que sur les toits, ce n'est pas de la permaculture. Mais il s'agit aussi d'apporter de la biodiversité dans les villes et de l'inertie thermique.

Mathieu Arnoux – Je suis frappé par l'hétérogénéité de ce qui a été présenté. Il y a effectivement plusieurs choses. Le maraîchage à Paris est effectivement une chose très ancienne. En revanche, dans les cultures fermées, je ne vois pas en quoi cela apporte de la diversité. Dans ce cas, ce qui est montré, ce sont des systèmes complètement technicisés et pilotés avec parfois un seul produit. Ce qui les rend finalement très vulnérables. Si son prédateur trouve l'entrée, il n'en restera plus rien. Il y a donc bien différents types d'approches.

Marie Asma Ben Othmen – On reste en effet limité dans les choix pour des raisons économiques. Par exemple, on ne pourra rien produire qui concurrence les grandes cultures. Dans les cas où l'objectif est la production, ce qui exigera un rapport entre prix de vente et coût de production, pour un volume donné, ce sera toujours plus intensif que le conventionnel.

Après la présentation de Petros Chatzimpiros

Bernard de Franssu – J'ai deux questions. Est-ce que dans les calculs on part sur une même base énergétique humaine ? En effet, entre 1882 et 2010, notre système alimentaire a été considérablement modifié et, en particulier, la part de la viande a été considérablement augmentée au détriment des céréales et des légumineuses. Et par ailleurs, est-ce qu'on ne doit pas considérer comme un biais le fait que l'énergie que vous considérez ne pouvait pas être assimilable par l'agriculture comme elle peut l'être aujourd'hui. Par exemple, l'énergie solaire. C'est une nouveauté et l'agriculture aujourd'hui produit de l'énergie électrique.

Petros Chatzimpiros – Pour la première question, en effet, l'alimentation a changé. On ne se nourrit plus de la même manière, surtout dans le sens que la population consomme beaucoup plus de viande et de produits animaux. On tient compte du changement alimentaire en se basant sur une étude historique de l'alimentation française. Quant à la deuxième question, jusqu'à présent, la production énergétique sur la ferme (photovoltaïque

et gaz) reste très faible. Mais on en tient compte, car on connaît le mixe énergétique de la ferme dont le mixe électrique. L'électricité, en France, c'est 80 % de nucléaire, 18 % d'hydroélectricité et les 2 % restant comportent toutes les autres sources. On en tient compte, mais cela reste quantitativement très marginal. Même si on couvrirait tous les toits des exploitations agricoles de photovoltaïque, dans les moments de grande production, on ne couvrirait pas l'équivalent des besoins des exploitations. Par ailleurs, il faudra prendre en compte que l'énergie photovoltaïque est très variable, selon la latitude, avec un taux de charge tout juste de l'ordre de 25 %.

Romain Piovan – Connaît-on la nature du rapport précis entre exportation agricole et importation d'énergies fossiles ? Par ailleurs, Siemens a un projet de production d'hydrogène. Est-ce que c'est une piste ?

Petros Chatzimpiros – Pour la première question, il y a bien une relation de cause à effet entre la croissance de la capacité de production agricole et la dépendance accrue en énergies fossiles. Au fur et à mesure de la croissance des capacités de production et donc d'exportation agricole, on s'enfonce également dans la dépendance à l'égard des énergies fossiles. Les énergies fossiles, que ce soit à partir de la consommation d'engrais azoté ou de la marche des machines, ont un effet direct sur les rendements et la productivité. Par ailleurs, elles libèrent les surfaces auparavant consacrées à nourrir les chevaux. En ce qui concerne l'hydrogène, comme vecteur énergétique, il est aujourd'hui quasi inexistant en termes de production. En revanche, on peut intégrer un développement de son usage dans les scénarios. Mais il faut intégrer la source qui permet la production d'hydrogène. Si on parle de l'hydrogène naturel qui s'intègre alors dans le cycle de l'eau, là, il n'y a aucun problème environnemental. Si on parle d'hydrogène produit à partir de la biomasse, cela n'apporte rien, sinon un intermédiaire coûteux. En fait, il faut le produire à partir de l'hydrolyse de l'eau, mais dans ce cas l'hydrogène n'est qu'un intermédiaire, un média. Il faut bien avoir de l'énergie pour réaliser cette hydrolyse. L'hydrogène peut être un vecteur, mais ce n'est pas une vraie source. Il faut qu'il provienne de gisements naturels qui existent, mais qu'on ne sait pas exploiter à ce jour. Aujourd'hui, il est produit à partir des énergies fossiles et tout ce dont on a besoin, ce n'est certainement pas un élargissement de l'usage des énergies fossiles !

Après l'interview de Xavier-David Beaulieu

Victor Leforestier – Ce robot est très intéressant. Néanmoins, quand est-ce qu'on s'arrête d'être totalement enthousiaste et de ne penser plus que robot ? Il passe à des endroits où les machines ne peuvent pas passer, OK. Est-ce que par exemple dans le cycle de la vigne, il ne serait pas possible de faire intervenir les animaux ? Ils vont aussi faucher l'herbe, mais cela va produire quelque chose. Et en plus, cela peut avoir un impact positif sur les écosystèmes et la biodiversité. Est-ce qu'il n'y a pas de solution consistant à marier les deux plutôt que raisonner tout robot ?

Romain Piovan – Et pourquoi pas aussi réfléchir à mettre une interculture ? Ne peut-il pas y avoir, par compétition avec les cultures, des problèmes de quantité et de qualité de la production ?

Victor Leforestier – Finalement la vigne au niveau agro-écologique, c'est zéro... Une monoculture de plantes pérennes qui ne supportent pas la concurrence d'autres végétaux. C'est une situation qui, à la base, est un problème. Est-ce qu'on ne peut pas inventer une nouvelle façon de cultiver la vigne pour éviter d'avoir le problème ?

Thomas Bourgeois – Faire une interculture va diviser par deux ou par trois le rendement...

Christine Leclerc – On peut considérer les services écosystémiques rendus par l'herbe qui, de fait, remplace des phytosanitaires, protège le sol, apporte de la biodiversité, etc., sans pour autant produire une concurrence avec la vigne dont la production a une bonne valeur ajoutée par hectare. Le système herbeux sera différent à partir du moment où on fait intervenir des animaux...

Michel Dubois – Vos échanges montrent qu'il y a en effet, dans le cadre de la vigne, un contexte très particulier puisqu'il s'agit d'une production qui doit répondre à des exigences quantitatives et qualitatives si rigoureuses que la marge de manœuvre apparaît très réduite. Peut-être qu'on peut trouver d'autres solutions, mais cela peut être très difficile et peut remettre en cause les cahiers des charges exigés pour une appellation donnée. On ne peut pas inférer que de tels robots pourraient être utilisés de la même manière en dehors de ce contexte. Cela dit, étant donné les centaines de milliers d'hectares de vigne, cela conduit à une production de robots conséquente.

Julien Reynier – Finalement, la seule question à laquelle il faut répondre, c'est : est-ce que cette nouvelle technologie permet de résoudre le problème à la base ?

Après la présentation de Michel Galmel

Petros Chatzimpiros – Pour les 2,5 ha de miscanthus, comment cela se passe-t-il concernant les rotations, etc. ?

Michel Galmel – Il n'y a pas de rotation. Le miscanthus, c'est pour vingt ans. Mais il faut faire des études de sol très régulièrement. Matière organique et éléments principaux : tout va bien cette année.

Petros Chatzimpiros – Quelles analyses ? Santé du sol ou composition chimique ?

Michel Galmel – Santé, matière organique et éléments principaux.

Victor Le Forestier – Quels sont les regards de vos partenaires sur vos pratiques et vos orientations ?

Michel Galmel – Cela peut ressembler à : « Alors Michel, t'as pas labouré ton champ pour semer ton blé ? » « Bah, c'est dommage il est semé ! » « Ah bon ! » [Rire]. Il y a beaucoup de méfiance, ça c'est clair. Mais je n'ai plus de difficultés avec mes partenaires, financiers par exemple. Je remarque que beaucoup d'agriculteurs font des essais, mais ils n'ont pas la démarche d'engager toute leur exploitation. Ils sont quand même assez frileux par rapport à cet objectif, car on leur a inculqué ça : il y a encore de l'amortissement sur le tracteur, des prêts à financer et puis après le discours un peu général qui dit : « Il faut mettre de l'azote. Il faut y aller ! » Ils réfléchissent au coup par coup, azote, rotation, etc. dans la réactivité, sans échanger avec leurs partenaires sur leur conception générale. Mais je m'aperçois qu'il y a plus ou moins d'agriculteurs qui le font à leur façon, à leur niveau. Ça commence à bouger un petit peu. Je pense qu'il faut avoir un regard, à moyen et à long terme, non pas qu'à court terme, surtout avec le réchauffement climatique qui arrive. Voilà quand même deux années où on a des climats très excessifs et des sols qui sont non protégés. Les sols les plus protégés sont ceux qui ont une couverture toute l'année. On ne prend pas encore tous les moyens

pour résister à ce changement. Je pense que l'agroforesterie va nous aider. De plus, les agriculteurs calculent en général la rentabilité d'un projet à court terme : trois à cinq ans. Selon cette vision, ils ne sont pas tentés d'implanter de telles cultures, même si leur effet sur l'environnement est indéniable. En effet, le miscanthus ne devient vraiment rentable qu'au bout de dix ans, car le coût de l'installation est très élevé.

Petros Chatzimpiros – Avez-vous pu calculer vos retours énergétiques sur investissements énergétiques ? Je vois vos valeurs de production 45 à 50 tonnes pour 2,5 ha. Quel résultat énergétiquement parlant ?

Michel Galmel – Le miscanthus au prix du marché global, c'est une catastrophe, cinquante à soixante-dix euros la tonne. Je consomme 14 000 à 15 000 litres de fuel pour chauffer les chambres d'hôtes, les appartements, les bureaux. Le coût du fuel représente environ 1 €/litre, soit 14 000 à 15 000 €, qui augmentera le jour où le prix du fuel augmentera. Le miscanthus que je produis remplace le fuel. Mais par rapport au fuel, je suis aujourd'hui à 2 500 € ! J'ai pu tout transformer. En quelques années, j'avais amorti les 45 000 € de chaudière. Ce que j'aimerais bien, mais je bataille avec les élus du coin, c'est de trouver un partenariat avec les communes proches, selon un nouveau mode commercial, c'est-à-dire « *moi, j'ai absolument besoin de toi qui es juste à côté de chez moi pour chauffer et réciproquement* », car le problème du miscanthus reste sa faible densité. On ne peut pas le déplacer sur la route. C'est pour cela que son prix est si faible. Il faut trouver de nouveaux modes commerciaux et de valorisation. Je ne veux pas transformer mon miscanthus. Il faut qu'il soit utilisé sur place. Dans le Loiret, trois agriculteurs se sont associés avec une abbaye qui consommait pour 60 000 € de carburant chaque année. Les trois agriculteurs ont défini le prix selon la correspondance avec une marge de blé « normale » et un contrat de quinze ans. L'abbaye économisa environ 45 000 € par an. Et j'espère qu'on ne va pas trouver de moyen pour rendre transportable ce miscanthus parce que sinon ce sont les grands groupes qui vont s'en emparer et ce sera catastrophique pour les agriculteurs. Au contraire, là il faut qu'on trouve de nouvelles façons de travailler et de produire. Je suis dans l'Eure, mais à côté, il y a énormément de petites parcelles avec de petits agriculteurs et de nos jours, pour rapprocher la ville de la campagne, c'est merveilleux. Aujourd'hui, un agriculteur arrête de travailler, c'est un autre agriculteur qui va reprendre sa ferme. Ça ne va rien changer, alors que l'agriculteur pourrait rester et devenir producteur d'énergie. Je vais vous raconter une

anecdote. À côté de chez moi, on avait des agriculteurs qui étaient concernés, un maire très convaincu, du miscanthus mais l'ADEME a refusé les aides, le projet a capoté...

Michel Dubois – Le miscanthus pourrait être un projet de travail avec le LIED. Son EROI est excellent, mais à condition que le transport soit sur une petite distance. Il ne faut probablement pas le sortir du local, sauf pour quelques applications spécifiques. Il y aurait une modélisation à bâtir dans le contexte français.

Débat général final

Bernard de Franssu – Je voudrais vous faire part de deux réflexions. La première concerne la question de la valeur ajoutée de l'agriculture. On a un vrai problème de valeur ajoutée en agriculture, et plus on gagne en productivité, plus on constate que la valeur ajoutée faiblit sur l'exploitation agricole, c'est-à-dire que cette valeur ajoutée est transférée en amont et en aval. Et je me pose la question dans le cadre de l'agro-équipement : comment cette chaîne de valeur ajoutée se construit-elle ? Et j'aimerais avoir le point de vue de Corentin et aussi de Victor. Auparavant, lorsque les forgerons fabriquaient du matériel agricole, ils achetaient la matière première, comptaient le travail réalisé et les coûts de fonctionnement et, à la fin, ils vendaient le matériel avec une petite marge qui leur permettait de vivre. Aujourd'hui, j'ai plutôt l'impression que les entreprises de l'agro-équipement calculent de la manière suivante : je vais apporter un service nouveau à l'agriculteur qui va lui permettre d'être plus productif ; il va pouvoir gagner davantage ; donc je lui vends la machine à tel prix pour qu'il ait intérêt à me l'acheter ; et le reste doit me permettre de faire une marge suffisante. Ce n'est pas un calcul à partir des coûts de revient, mais un calcul directement fait à partir des marges estimées pour chaque partenaire.

La seconde est la suivante : est-ce que la technologie, puisqu'elle est dans un processus de réponse à des problèmes, n'aboutit pas à figer les systèmes ? Et, invente-t-on réellement un nouveau système qui réponde complètement à la problématique ? Est-ce que le robot qui désherbe la vigne ne va pas générer une vigne qui ne sera qu'enherbée ? Est-ce que ce besoin de contrôler l'herbe ne va pas générer une série de machines qui finalement vont figer le système ? Comment pourrions-nous inverser les choses pour que l'équipement

devienne générateur de choses complètement innovantes qui nous fassent sortir du système ancien ? Par exemple, une nouvelle façon de cultiver la vigne !

Davide Rizzo – Je peux rajouter une question. Perrine ce matin a dit : « *Pour le moment, le sol est considéré comme quelque chose à travailler.* » Est-ce qu'il ne faudrait pas inverser et considérer le sol comme une entité productrice ? Et quel impact cela aurait sur les outils et les systèmes de production ?

Agriculteur de l'APAD – J'ai aussi quelque chose à rajouter. C'est vrai que les technologies, c'est génial et c'est vrai que nous recevons des conseils qui semblent pertinents et des promesses alléchantes. Nous finissons par avoir des abonnements à payer tous les ans qui s'empilent (logiciels, RTK, etc.). On a des gains d'azote, des économies d'intrants, mais ils sont très difficiles à évaluer, car les années ne se ressemblent pas. Tandis que les abonnements s'ajoutent de manière incompressible. Comment sortir de ces additions de coût certaines, face à des additions de promesses qu'il sera difficile de vérifier ?

Michel Galmel – Je vois qu'avec l'agriculture de conservation, les constructeurs se sont lancés sur ce marché et proposent des machines à 15-20 000 € du m. On va de nouveau être contraint et il faudra proposer des services pour rentrer dans nos frais.

Pascal Chantepie – On a pourtant connu des exemples de changements réels. Par exemple, les grands producteurs de bière se sont sentis longtemps en sécurité après avoir éliminé les petits producteurs. Or, on constate actuellement le retour des petits producteurs locaux qui font d'excellentes bières qui sont consommées localement. Leur nombre s'accroît sans cesse. On voit aussi la coopération évoluer. Les grandes coopératives ont été remises en cause. On voit la re-crédation de petites coopératives, dans le but de répondre à des besoins locaux, sur la base de circuits courts. Il apparaît de nombreuses remises en cause. J'ai entendu l'expression de « décompacter le cerveau » que je retiens. Cela fait quarante ans que nous vivons selon un modèle descendant, l'après-guerre fut marquée par le plan Marshall : il fallait produire. C'est vrai que, quand on a besoin d'un matériel spécifique, on n'a pas trop le choix, il faut le payer cher. Certains, dans d'autres domaines, ont décidé de repartir depuis la base pour créer quelque chose. Pourquoi cela ne serait-il pas possible en agriculture ?

Jean Luciani – La confiscation de la valeur ajoutée a lieu en amont et aussi en aval. Il y a deux secteurs qui semblent se ressembler sur cette problématique de la valeur ajoutée : la construction et l'agriculture. Il y a eu une industrialisation de la mise en œuvre dans le bâtiment : revêtement, cloisons, etc. Il ne reste plus aux artisans que la pose des sanitaires. Cette tendance est encore plus forte en Allemagne qu'en France. Ce qui fait que les artisans investissent dans l'accompagnement et le conseil aux clients. Un petit artisan donne des conseils et se fait payer cet accompagnement. Si je compare avec l'agriculture, il s'agit aussi de descendre vers l'aval, en circuit court, au contact des clients directs (consommateurs) en court-circuitant les GMS. Aujourd'hui, 84 % des produits laitiers, en France, sont vendus en GM. On voit des ententes entre les fournisseurs artisans dans le bâtiment. Est-ce que les agriculteurs ne peuvent pas procéder de la même façon ? On voit les centrales d'achat qui se regroupent. Il n'y a que comme cela que l'on peut reprendre de la valeur ajoutée vers l'amont et vers l'aval. Il faut peser plus lourd.

Thomas Bourgeois – Reprendre de la valeur ajoutée en céréales ? Le problème est qu'on est sur un cours mondial. Il n'a pas de possibilité de captage de valeur ajoutée. Et si tout le monde fait du marché de niche, ce n'est plus un marché privilégié ! On voit des coopératives qui cherchent à élargir leurs gammes de produits et demandent à des agriculteurs de se regrouper pour produire du sarrasin, du tournesol ou autre chose, et essayer de segmenter les marchés. Mais pour ne pas dépendre des fluctuations du marché, il faut avoir des moyens de stockage et éventuellement de séchage. Dans certains cas, comme la pomme, c'est une bonne réponse. En céréales, à moins que chaque agriculteur crée sa petite unité, son moulin et fasse sa farine pour le boulanger proche, je ne vois pas comment on peut garder la valeur ajoutée.

Yves Le Morvan – C'est vrai que la valeur ajoutée est un critère technique précis. Mais pour un gestionnaire, le principal critère est le taux de marge. Soit en baissant ses coûts de production soit en créant plus de valeur, on peut aller dans les deux sens. Il faut aussi garder en tête les critères de qualité – importants en production végétale, mais plus nombreux dans l'élevage – qui peuvent donner de la valeur. Ces critères permettent de répondre entre filière courte et filière longue, mais créer une filière courte n'augmente pas toujours le taux de marge. Pour tout type d'innovation, il faut regarder attentivement ce que cela rapporte, pas nécessairement en volume supplémentaire, mais en valeur, avec la référence aux coûts

de production. Il faut analyser ce que cela donne directement dans le compte de résultat. Les réflexions que nous essayons d'avoir sur la résilience des exploitations agricoles conduisent à ce critère-là. Quelle que soit l'innovation – capteurs, drones, robots, etc. – il faut regarder la marge et analyser comment elle est constituée. C'est par cette démarche qu'on peut reconstruire et avoir l'espoir de capter un peu plus de valeur.

Thomas Bourgeois – Oui, la marge devrait être la base pour la mise en place de nouvelles cultures, d'innovations matérielles, etc. Cela paraît logique. Et puis, avec des start-up de type « WeFarmUp », cela pourrait se faire avec du matériel de location et du matériel de conservation. S'il s'agit d'un nouveau semoir en agriculture de conservation, on peut toujours essayer en commençant par une location. Pour se faire sa propre expérience, et si ça marche, vérifier avant d'investir si la marge peut être correcte, car partir dans l'agriculture de conservation, si c'est pour perdre de l'argent, ne sert à rien. Il faut d'abord essayer pour construire son propre modèle avant d'investir.

Mathieu Arnoux – Quand je parlais de division du travail et d'imagination institutionnelle, c'est bien de cela. On peut demander de modifier la loi ou demander quelles sont les possibilités pour arriver à des échanges de services. Mais il faut avant tout réfléchir un changement pour réorienter son activité en partant d'échanges de services à l'intérieur de réels contrats, fondés sur une communauté de personnes ayant des choses en commun. Et, dans ce cas, on revient à des façons de faire très anciennes, comme la location, institution de droit romain, prévue dès l'origine pour pallier les obstacles par des échanges de biens ou de services.

Victor Leforestier – Je vais rebondir sur ce partage de travail. Il ne m'intéresse pas, car je cherche à échanger avec des agriculteurs qui prennent des risques avec moi, avec qui j'investis dans la technique et avec lesquels je veux progresser. Mettre mon matériel de strip-till en partage ou en location est un problème – la machine doit être disponible et, surtout, je n'ai pas le temps de suivre le client qui n'est pas formé pour l'utiliser. Mais je sais très bien qu'en investissant seul, je ne le rentabilise pas. Donc investir seul signifie prendre un risque. En fait, il faut avancer, et après on peut amener les autres. Dans mon département, il n'y a que trois machines de strip-till. Je peux mettre la mienne en partage, mais personne ne viendra. C'est moi qui ai pris les risques et je préfère investir ou partager avec des gens qui veulent prendre des risques avec moi, plutôt que des gens qui veulent

tester « pour voir ». Je pense en revanche à l'avenir qu'il serait intéressant de vendre le matériel que tout le monde a (charrue, déchaumeur à dent par exemple) que je louerai ponctuellement si besoin. Ainsi, j'investirai dans un matériel spécifique qui n'est pas répandu (strip-till, semoir de semis direct par exemple). Je peux aussi répondre à la question sur le prix des machines. Lorsque j'ai travaillé chez Sly France, je n'étais pas impliqué dans la fixation du prix, mais j'ai pu constater qu'un petit fabricant de machines cherche à produire et vendre des machines correctes. Et à certains moments, il se trouve à ne pas pouvoir faire une marge suffisante face à un gros qui fabrique en grande quantité des pièces réutilisables. Le grand constructeur peut écraser ses prix à l'unité, alors que le petit qui veut proposer une pièce unique ne peut pas le faire. Et, ce n'est pas le petit qui fait des marges élevées pour des raisons de volume de production. De plus, le petit va chercher à répondre à toutes les demandes des clients : faire tous les écartements de rangs possibles, les nombreuses trémies nécessaires, les différents réglages, etc., c'est là qu'il est dans l'innovation. Et, il essaie d'obtenir un prix adapté à son client. Je me pose la même question sur le prix des robots. Demain, cela peut être moins cher d'acheter cinq robots pour remplacer un tracteur, mais je ne crois pas qu'il y ait une technologie pour vendre avec une meilleure marge les cinq robots. Nous étions confrontés à la difficulté de vendre des systèmes innovants par exemple en vendant des strip-till. Parfois, nous avions des clients qui n'avaient aucun guidage GPS. Et nous avons identifié très vite que c'était indispensable pour la réussite. Nous étions un peu coincés, car c'étaient des agriculteurs qui achetaient des petites machines de trois mètres de large. On a trouvé des astuces. Normalement, il faut exactement la même largeur entre le strip-till qui prépare la terre et le semoir. On leur a dit au lieu d'acheter un strip-till de six rangs, vous achetez un strip-till de cinq rangs. En mettant un rang de moins, votre tracteur va pouvoir rouler entre les lignes que vous allez préparer et il ne va pas abîmer la structure de la terre. Vous économisez un rang : 3 500 €, le repliage : 4 000 € et le traceur : 2 000 €, soit au total 9 500 €. Avec ces économies, l'agriculteur pourra payer une partie du RTK qui lui permettra de faire des économies sur le reste de ses interventions. Cela nous est apparu plus cohérent que d'essayer de lui vendre une machine plus chère – ce qui nous intéressait –, mais sans avoir d'autoguidage. L'expérience nous a montré que c'était voué à l'échec. Cette approche du conseil et la proximité avec le terrain, peu de grands constructeurs en sont capables. Et pour aller plus loin, il y a aussi des systèmes de trafics contrôlés (CTF pour Controlled Traffic Farming), pas très répandu chez

nous. L'idée est de trouver des multiples dans les largeurs des équipements et de passer toujours au même endroit pour confiner la compaction aux zones de passage des machines et de garder la structure du sol intacte par ailleurs. Lorsqu'on travaille avec des machines de 3,4 ou 6 m, c'est très difficile de trouver les multiples. En Australie, ils ne se posent pas la question, ils font tout en 9 m, 10 m, 12 m, ce qui semble plus simple au premier abord. Pourtant, ils ont quand même des difficultés avec les machines, car les longueurs des vis sur les moissonneuses peuvent ne pas être assez longues ou assez solides, les essieux des tracteurs ne sont pas assez solides, les constructeurs indiquent 30 pieds de largeur de travail ou 9 mètres – ce qui n'est pas exactement égal. C'est pourquoi lorsqu'on fait demi-tour avec la moissonneuse-batteuse, on peut laisser des rangs de blé ou un espace non semé. Quand on cherche à créer des systèmes de grandes cultures qui sont vertueux dans la relation au sol, vous pouvez rencontrer des limites avec les machines. Les constructeurs ne se sont pas mis d'accord sur les normes et sur le fait qu'une coupe de dix mètres sur une moissonneuse-batteuse, c'est dix mètres de largeur de coupe : ce n'est pas dix mètres « hors tout ». Souvent, la largeur de coupe réelle n'est que de 9,80 m. Par ailleurs, effectivement, le RTK et les coupures de tronçons peuvent permettre d'homogénéiser l'application des engrais et des traitements, et effectivement de compenser les zones moins naturellement fertiles, car une fois qu'on a une plus grande homogénéité du sol, on peut mieux utiliser les outils et les rentabiliser. Pour l'instant, on propose aux agriculteurs de la précision dans l'application, mais à la base, la compaction – qui est le facteur le plus important dans le potentiel de rendement – n'est pas gérée. Je pense que l'application des engrais et les traitements avec précision seront encore plus rémunérateurs dans des systèmes en « CTF ».

Corentin Chéron – Je reviens sur la question du calcul des répartitions de valeur ajoutée par le fournisseur. C'est difficile de pouvoir chiffrer la valeur d'observation et d'information apportée à l'agriculteur sur ses parcelles. On peut lui fournir des cartes qui permettent de définir des apports d'azote différenciés. En effet, une façon de calculer la valeur est de transformer les informations en carte d'épandage, mais aussi ajouter des informations difficiles à chiffrer comme la connaissance de l'hétérogénéité de ses parcelles. Même si on peut calculer l'avantage dans l'optimisation de l'apport d'azote, c'est difficile de prédire le rendement. Nous avons fait des études avec une coopérative, et nous avons pu calculer le gain sur la marge en moyenne. Elle sera très variable d'une année sur l'autre, d'une parcelle

à l'autre. Le calcul du gain en argent ou en temps ne peut être réalisé par parcelle de manière prédictive. C'est statistique, c'est sous forte dépendance des caractéristiques météorologiques d'une année sur l'autre. Notre analyse est basée sur la comparaison de l'existant et cela concerne des communautés. Au niveau de détail, parcelle par parcelle, c'est très variable, et cela ne peut être un gain certain que dans la durée. Le coût du matériel et le coût du traitement sont les seules variables précises. Le reste est aléatoire, même si on dispose de moyennes. Pour la question d'apporter du service et donner au final du pouvoir à l'agriculteur, j'ai l'impression que cela passe aussi par une éducation, et donc un apprentissage. Si j'essaie de me mettre à la place de l'agriculteur, cela devient très compliqué, car chaque situation est unique. Et pourtant, nous sommes obligés de faire des choses en standard. En local, pour arriver à reprendre le contrôle, il faut des regroupements, des sortes de FabLab qui pourront apprendre et résoudre des questions techniques adaptées au local pour obtenir des référentiels pertinents. S'il y a des centres locaux avec des experts techniques, bien au fait des dernières approches, cela permettra de dynamiser l'ensemble. Il me semble qu'il faudrait aussi des PME s'agglomérant à ces systèmes-là. Cela permettra de construire des référentiels locaux.

Thomas Bourgeois – Il y a quand même un service apporté quand vous achetez un RTK. De plus, le matériel est très performant, etc. Les concessionnaires font un suivi et si vous appelez la personne qui est en charge de la modulation de dose, il vous répond, vous fournit les données, vous met en contact avec les personnes compétentes et vous apporte les solutions possibles. Sans être expert de tout et partout, vous pouvez être aidé en posant les bonnes questions et après, comme c'est répétitif, vous allez acquérir les compétences. L'intérêt du concessionnaire est de vous aider dans les mises à jour et de vous apporter des solutions..., normalement.

Corentin Chéron – Je pensais aux questions qui se réfèrent à des pratiques qui seraient plus novatrices ou différentes. J'ai l'impression, par rapport à la discussion d'aujourd'hui, qu'il était difficile de trouver les bons outils qui s'adaptent dans des relations locales, quand il s'agit de grands groupes qui proposent des solutions standardisées. N'est-il pas nécessaire d'avoir des solutions plus souples qui permettraient de s'adapter à des problématiques nécessairement locales ?

Mehdi Jaber – J’ai une bonne dizaine d’années d’expérience dans le numérique, notamment dans l’innovation. Je suis chargé, à UniLaSalle, du développement des propositions adaptées aux demandes des agriculteurs. Il s’est passé depuis 2010-2012 une sorte de révolution dans le numérique avec l’intelligence artificielle. Tous les domaines sont concernés aujourd’hui qu’il s’agit des constructeurs ou des utilisateurs. En particulier pour et avec les agriculteurs, vous avez désormais des plates-formes d’échange. L’innovation a changé de bord. Elle est maintenant tirée par les communautés Internet. On a complètement changé d’usage. Si personne n’a de réponse claire aujourd’hui sur « *où est-ce qu’on va ?* », on sait qu’il y a urgence, car une entreprise ne peut désormais plus prendre en charge, à son compte, l’évolution trop rapide de la technologie. Depuis 1998, date à laquelle on croyait pouvoir maîtriser ce changement, on découvre un fossé qui s’élargit : on est en train de prendre le risque d’une destruction massive d’emplois. Aux États-Unis, depuis 2013, une réflexion se met en place pour être capable de maîtriser ce développement technologique. Comment le faire ? Par l’intelligence collective, pour revenir à une forme d’innovation dont les FabLab seraient les modèles. Des FabLab thématiques, au plus proche des usages et permettant aux utilisateurs de reprendre du « pouvoir ». L’Atelier paysan est un exemple, de fait, qui permet une réappropriation des technologies, du savoir et du savoir-faire, par le faire, en essayant de penser aux usages de demain. Les start-up se concentrent aujourd’hui de plus en plus dans ces initiatives-là pour trouver les solutions de demain. La question : est-ce qu’on va pouvoir créer un « nouveau Facebook » dans chaque domaine ? On dit qu’aujourd’hui, on ne pourra plus le faire. Une étape a été franchie et conduit au fait que maintenant l’innovation doit se faire en mode *start-up*. Évidemment, tout le monde ne peut pas créer une start-up. L’agriculteur n’est pas un start-uppeur et aucun agriculteur ne pourra réaliser seul les innovations nécessaires. Il doit trouver une solution à la fois locale et en mode interactif. Apparaît ainsi une nouvelle méthodologie de travail. L’innovation ouverte, en mode collectif, est encore à inventer.

Michel Dubois – Autrement dit, ce serait une réponse à l’ensemble des contraintes ici décrites. Peut-être trouverons-nous une sorte d’inbrication entre le système de la grande entreprise et les innovations/optimisations locales, territoriales ou transterritoriales, adaptées à des réalisations locales. Est-ce bien cela ?... Cela nous donne des espoirs.

Petros Chatzimpiros – Je voudrais ajouter un commentaire, car ce qui est important, c'est de comprendre qu'il faut trouver un équilibre, un bon dosage, entre l'agriculture de précision avec une utilisation à base de technologies simples et donc d'actes humains, et les technologies complexes à base de high-tech du genre artificiel. La question se pose à nous, car il est possible aussi d'imaginer un monde sans agriculteurs, cela aurait du sens et cela répond à un besoin. Est-ce que le métier d'agriculteur est un métier à éliminer ? Et si oui, pour quelle raison, et quel serait le risque ? Mais s'il n'y a aucun objectif de cet ordre-là, il faut le dire ! C'est une question impertinente. En effet, si les fabricants de technologie veulent vendre des technologies qui évincent les agriculteurs du chemin vers les champs, il n'y a pas besoin de travailler dans le sens des coopérations, mutualisations, partage, etc.

Mathieu Arnoux – Je voudrais rappeler qu'il y a eu aux États-Unis une mutation énergétique de l'agriculture qui s'est passée entre 1911 et 1925, laquelle a consisté à remplacer les chevaux par des machines et qui a donné des résultats tout à fait intéressants. Les rendements ont considérablement augmenté. En plus, comme il n'y avait plus de chevaux, l'avoine a été supprimée des rotations. On est passé en biennale. Cela a libéré de grandes surfaces. Les effets ont été immédiatement clairs en 1929 à la Bourse de Chicago où les prix du blé se sont effondrés, car quand on augmente de 50 % la production de froment face à un marché qui n'existe pas, cela ne peut avoir d'autre résultat. En même temps, on ne peut pas être sûr que la mécanisation n'a pas été à l'origine des tempêtes de poussières (« dust bowl ») qui ont dévasté une partie du sud-est des États-Unis. Une partie de la paysannerie a été obligée de partir vers la Californie pour produire des oranges. On le voit, c'était très clair. Les hausses de productivité et de rendement ont réellement été obtenues et ont parfaitement répondu aux promesses. Il reste que détruire la paysannerie, une partie des sols, est-ce réellement un but ?

Julien Reynier – Cela me fait penser à quelque chose et je me sens autorisé à en parler. Je voudrais vous parler, en référence à 1968, du film *L'an O.1*. Dans ce film, à un moment, quelqu'un se promène dans la rue et se dit « *j'ai besoin de creuser un trou* ». Il se met à creuser, mais ce n'est pas très efficace. Alors il se met à améliorer le manche, la bêche, etc. Puis, se dit : « *est-ce que j'ai besoin de creuser un trou ?* » Je crois que le débat technique en est là aussi. Quel est véritablement le besoin technique ? Le projet de ce film était : « *On*

arrête tout et on réfléchit. » Est-ce que les technologies vont réellement apporter des solutions dont on a envie ?

Petros Chatzimpiros – Un exemple historique reste quand même l’abolition de l’esclavage. La machine à vapeur a permis de ne plus avoir besoin d’humains réduits à une main-d’œuvre de base qui obéit comme le ferait une machine.

Mehdi Jaber – Je voudrais vous parler du débat sur la robotique qui pourrait remplacer le travail. C’est un débat commencé en 2005. Un consortium européen créé en 2014-2015 a commencé à réfléchir aux droits de la robotique. Il y a aussi une réflexion à l’échéance 2025 sur l’usine dite 4.0. Ce qui se dit c’est que, même dans les usines, il n’y aura pas que des robots. L’intelligence artificielle et la robotique vont être une extension du bras humain : le robot restera suiveur. Étant donné la vitesse d’évolution, si on laisse la robotique s’étendre, on ne retrouvera pas rapidement l’équilibre, le nombre d’emplois détruits sera bien trop élevé, et c’est vrai aussi en agro-équipements. Ce débat est plus intense aux États-Unis où l’on suppose et où l’on commence à observer qu’en effet, beaucoup d’emplois sont en jeu et nombreux risquent d’être détruits. Cela a même déjà commencé. Après, quand on parle de robotique, on parle de monoculture : un robot ne peut faire quelque chose de très rigoureux. Avec les moyens et les technologies dont nous disposons, ne serait-il pas possible de se réapproprier ce qui correspond à nos propres besoins et faire quelque chose de durable ? Cette réflexion est récente et apporte des éléments de réponse à nos questions.

Julien Reynier – Une technique, finalement, c’est une prothèse qui permet de faire plus et mieux, à condition de savoir s’en servir. La question est de savoir si elle permet à celui qui l’utilise d’acquérir de l’autonomie, ou au contraire l’enferme-t-elle ? Verrouille-t-elle les usages ? En agriculture, la question de l’enherbement conduit à vouloir utiliser NAÏO. Or, plus en amont, ne suis-je pas mauvais dans la gestion de mon système au point de devoir faire appel à des bras prothétiques ? N’aurais-je pas pu anticiper ? N’y aurait-il pas un problème de savoir et de savoir-faire en moi, que je pourrais prendre en charge sans être obligé de le déplacer dans la machine ? Cette appropriation des savoirs et des savoir-faire sont mis dans la machine, ce qui empêche de penser, alors qu’ils pourraient rester dans l’être humain, car ils y ont toute leur place. Attention à ne pas avoir trop d’enthousiasme pour des solutions mécaniques ou robotiques, en remplacement d’une réflexion sur la raison de ce besoin, alors que des choses simples fondées sur du savoir-faire suffiraient.

Petros Chatzimpiros – Pour aller dans ce sens, nous n'avons pas besoin de processus automatiques ou de robots qui ne font pas mieux que ce que nous pouvons faire avec nos organes. Cela n'a pas d'intérêt d'inventer une voiture qui va plus lentement que la marche. Une voiture, c'est pour aller plus vite. Si nous incorporons de l'intelligence artificielle pour certaines technologies, c'est parce que les exigences de rapidité, devant un problème complexe, ne sont pas à notre portée par une action directe. Mais vouloir remplacer le cerveau par une machine n'est intéressant que pour réaliser des actions qu'il n'est pas capable de faire de lui-même.

Thomas Bourgeois – Dans le cadre de ce que tu dis, en agriculture, pour le désherbage, il s'agit de remplacer des traitements chimiques par un système mécanique robotisé. En effet, aujourd'hui, sous une pression sociétale réelle, on retire de plus en plus de produits chimiques qui eux-mêmes avaient été mis en place afin d'épargner la pénibilité du sarclage aux agriculteurs. Si on trouve une solution en amont qui permet de n'avoir plus besoin de désherbage, en effet, le robot ne servira à rien. Mais si la seule solution est la chimie et qu'elle devient interdite, le robot est une solution.

Zam-Zam Abdirahman – J'ai été frappée par la comparaison avec le bâtiment et notamment du fait que, dans le bâtiment, la technologie et l'innovation sont assumées par rapport au domaine de l'agriculture. Cela semble relever de la particularité de l'agriculture. La technologie soutient l'activité de l'agriculture et, en même temps, elle soulève des inquiétudes qui parfois mènent à des refus de la part des acteurs. Cette dualité devrait interpeller et remettre en cause l'utilisation rapide des technologies ainsi que mener à des adaptations plus réfléchies. On pourrait faire le constat que les technologies, c'est bien, on les utilise partout. Mais, au final, on constate des effets négatifs pour l'agriculture et pour les sols. Ne serait-il pas judicieux de réfléchir à quelque chose qui serait plus adapté, segmenté, dès le départ, puisque les effets, dans la durée peuvent se montrer néfastes pour l'agriculture.

Christine Leclercq – Je ne suis pas sûr d'avoir compris ce que tu veux dire. Tu parles de l'agriculture en général. Il est vrai que l'agriculture est tout le temps en arrière-fond de nos discussions. Néanmoins, mais quand on dit « l'agriculture », on parle d'une grande diversité de situations. Le métier de paysan consiste à prendre en compte des situations rares, voire quasi uniques, à s'adapter à la spécificité d'un contexte, à des variations météorologiques, à

la présence de parasites ou de prédateurs. Nous le voyons bien en tant qu'agronome : c'est un métier pour lequel le « cerveau » est irremplaçable. Le métier de paysan demande un cerveau humain et non des procédures automatiques. La comparaison avec le bâtiment a ses limites car, devant le vivant, on arrive à des niveaux bien supérieurs de complexité et de diversité.

Zam-Zam Abdirahman – Ce n'est pas une question de milieu, mais le fait d'assumer les innovations. Il y a des agriculteurs qui n'assument pas les innovations. Il y en a qui veulent revenir au monde des anciens paysans.

Christine Leclercq – Oui, il n'y a pas d'homogénéité dans l'agriculture comme dans le bâtiment. En agriculture, toutes les situations sont particulières et singulières.

Michel Dubois – Je crois avoir compris ce que voulait dire Zam-Zam. La différence entre le bâtiment et l'agriculture, c'est que le bâtiment est une activité dont l'objectif est d'artificialiser complètement l'environnement de l'habitat, et ce, depuis longtemps. Les technologies modernes continuent dans ce sens. On artificialise le mode de vie des humains qui peuvent même, parfois, être entassés dans des conditions dans lesquelles on met rarement les animaux de rente. Et cela provoque rarement des questions. Les acteurs du bâtiment imposent des solutions dans le cadre de normes. En agriculture, comme le remarque très justement Christine, la variabilité et la diversité des situations sont immenses. Elles proviennent du vivant par lequel, et grâce auquel, a lieu la production. La comparaison de l'agriculture et du bâtiment s'arrête justement au niveau de leur différence : l'industrie du bâtiment a pour but d'artificialiser toujours davantage l'environnement humain et les habitats, tandis que l'agriculture est une activité productive en alliance avec le vivant pour obtenir une production issue du vivant. Et s'il y a des différences entre les agricultures, les modes de production, etc., c'est bien à cause des spécificités propres au vivant et des attentes aussi diverses des consommateurs vis-à-vis des produits issus du vivant en provenance de l'agriculture.