

L'agriculture rêve-t-elle de moutons électriques ?

Paradoxes des technologies numériques pour la transition environnementale de l'agriculture

Jeanne Oui

6 heures, le réveil sonne pour Isabelle, agricultrice céréalière dans une commune d'Eure-et-Loir : elle coupe l'alarme puis vérifie immédiatement les prévisions météorologiques des prochains jours sur son smartphone, envoyées par sa station météo connectée. Il devrait pleuvoir dans les prochains jours, c'est le bon moment pour commencer le travail d'épandage. Elle doit mettre de l'engrais sur ses cultures afin de favoriser la bonne croissance de ses céréales, c'est un des travaux qui rythme son année de travail dans les champs au printemps. Hier, elle s'est faite invectiver par un cycliste alors qu'elle était sur son tracteur : pas de chance, le début des travaux aux champs cette année coïncide avec les week-ends prolongés, tous les gens de la ville sont venus prendre l'air à la campagne. Celui d'hier l'accusait de tuer les abeilles avec « ses » pesticides : dommage pour les critiques, aujourd'hui elle utilise des produits fertilisants... Sans forcément crier à l'agri-bashing comme pourrait le faire la « fédé »¹, Isabelle constate la montée des controverses publiques, médiatiques et locales contre ses outils de travail. Sous les radars de la critique, la ritournelle de ces trente dernières années : l'utilisation de produits agro-chimiques et leurs dégâts sur l'environnement, la biodiversité et la santé des travailleurs et travailleuses agricoles. Pourtant, sa profession continue à se moderniser et n'est pas en reste des dernières avancées technologiques : drones et satellites pour mesurer la croissance des plantes, algorithmes pour affiner les préconisations techniques, capteurs météorologiques, robots de désherbage ou de traite, services numériques de conseil, GPS pour aider à la conduite des tracteurs, logiciels de gestion des exploitations agricoles, etc.

Un nouveau paradigme agronomique : l'agriculture de précision

Certaines de ces innovations, comme les logiciels de gestion, sont vendues et utilisées sur les fermes depuis les années 1980. Le principal argument de vente était d'abord économique : ces technologies permettraient d'optimiser les performances productives des entreprises agricoles en rationalisant l'utilisation des produits, des machines, du travail agricole. Et puis, un argumentaire environnemental s'est progressivement développé pour commercialiser ces technologies, principalement centré sur l'optimisation des engrais² : les excès de produits fertilisants appliqués sur les cultures provoquent des pollutions des milieux aquatiques, à l'image des marées vertes bretonnes fortement médiatisées³ ces dernières années. Dans ce contexte, les technologies et leurs données numériques permettraient aux agriculteurs et agricultrices de mieux maîtriser leur utilisation de ces produits. Ce nouveau modèle d'agriculture « de précision » par les technologies permettrait de mettre « la bonne dose, au

¹ La Fédération Nationale des Syndicats d'Exploitants Agricoles, la FNSEA est le syndicat majoritaire en agriculture.

² Ce cadrage laisse de côté d'autres crises environnementales en agriculture comme le tassement des sols, la destruction de la biodiversité, le développement de l'antibiorésistance, par exemple.

³ Inès Léraud, Pierre Van Hove, *Algues vertes, l'histoire interdite*, La Revue Dessinée, Delcourt, 2019.

bon endroit, au bon moment »⁴ et ainsi de mieux protéger les écosystèmes cultivés tout en maintenant un niveau de production élevé. C'est dans ce point que réside la modernité de ces technologies agricoles : elles sont promues à de multiples échelles comme une des solutions aux multiples défis environnementaux que connaît le secteur agricole (pollutions locales, changement climatique global), tout en répondant aux enjeux de la sécurité alimentaire d'une population mondiale en augmentation, et pour la France, d'exploitations agricoles se devant d'être compétitives sur les marchés internationaux. Ce faisant, ces technologies s'inscrivent en droite ligne du paradigme scientifique qui a porté la modernisation et l'industrialisation du secteur, centré sur différentes techniques associées entre elles (tracteurs, semences certifiées, produits agro-chimiques) et historiquement orientées vers l'augmentation quantitative⁵ de la production agricole.

Des débuts dans les années 1980 mais une faible diffusion sur les exploitations

Tout d'abord, quelles technologies numériques pour quelles agricultures ? Tout d'abord, loin des annonces médiatiques mettant en avant robots, drones et algorithmes, les technologies numériques les plus diffusées et adoptées en France toutes productions confondues sont les logiciels de gestion et les GPS assistant la conduite des tracteurs⁶. Ensuite, les outils numériques sont avant tout utilisés par de grandes exploitations (en termes de surface de production ou de cheptel)⁷. Ces dernières sont les principales clientes visées par les entreprises concevant des outils : par leurs capacités de production importantes, ce sont les grandes fermes qui sont le plus à même de rentabiliser ces investissements en matériel et qui peuvent utiliser le plein potentiel de gestion et d'optimisation des outils. De plus, ces technologies sont mieux adaptées aux contraintes des exploitations en agriculture conventionnelle (le modèle de production historiquement développé et dominant) par rapport aux fermes produisant en agriculture biologique⁸.

Ce constat contemporain rejoint les origines des premières technologies numériques en agriculture : des scientifiques de l'État céréalier du Minnesota aux États-Unis commencent au milieu des années 1980 à utiliser les premiers capteurs installés sur les moissonneuses batteuses afin de mesurer le rendement des immenses parcelles céréalières américaines et d'optimiser les décisions de production des agriculteurs et agricultrices par l'identification des zones les plus productives⁹. Les entreprises historiques des premiers temps de l'agriculture numérique sont ainsi les grandes firmes de l'agrofourmiture (tractoristes, industries de l'agrochimie), les organismes de recherche agricole mais également le secteur du spatial en quête d'applications civiles aux programmes satellitaires. Ces outils sont ensuite relayés et

⁴ Gilbert Grenier, *Agriculture de précision. Comprendre et mettre en œuvre les bases de la révolution agronomique*, Paris: Éditions de la France Agricole, 2018.

⁵ A ces objectifs quantitatifs (augmenter la production) se sont ajoutés progressivement des objectifs qualitatifs (produire de meilleure qualité, avec un meilleur respect de l'environnement et de la santé des consommateurs et consommatrices).

⁶ Voir les enquêtes de l'Observatoire des usages du numérique en agriculture ainsi que celles réalisées par BVA-TIC Agri.

⁷ Emanuele Pierpaoli et al., « Drivers of Precision Agriculture Technologies Adoption: A Literature Review », *Procedia Technology* 8 (2013): 61/69. Dans le cadre de l'article, est considérée comme une grande exploitation agricole la ferme de plus de 500 hectares. A titre de comparaison, la moyenne des exploitations françaises toutes production confondues est de 69 hectares et de 96 hectares pour les exploitations céréalières en 2020 (données Agreste).

⁸ Éléonore Schnebelin, Pierre Labarthe, Jean-Marc Touzard, « How Digitalisation Interacts with Ecologisation? Perspectives from Actors of the French Agricultural Innovation System », *Journal of Rural Studies* 86 (2021): 599/610.

⁹ Jeanne Oui, « Une modernité écologique par le numérique ? Genèses scientifiques des technologies agricoles en France », *Écologie & Politique*, 66 (2023): 53/68.

commercialisés sur les fermes par les organismes de conseil agricole : en France, les coopératives, les négoce, les chambres d'agriculture et les instituts techniques qui ont accompagné la modernisation et l'industrialisation du secteur. Enfin, de nouvelles actrices ont émergé au cours des années 2010 et pèsent fortement dans le panorama actuel de l'agriculture numérique : les start-ups, nous y reviendrons.

Une tension entre promesse environnementale, secteur commercial et adoption

Cette continuité forte entre l'émergence de ces innovations technologiques, les exploitations visées par les entreprises et le modèle scientifique et technique qui a porté l'industrialisation agricole est mis en avant par les chercheurs et chercheuses de sciences sociales développant un regard critique sur ces outils numériques en agriculture. Leurs travaux avancent que cette continuité participe d'une non-remise en cause du modèle agricole productiviste à l'origine des crises environnementales : ces outils numériques contribuent davantage à l'optimisation des facteurs de production du modèle industriel agricole, plutôt qu'à une véritable prise en compte des enjeux de protection des écosystèmes¹⁰.

Contrastant avec l'adoption limitée de ces outils et leur origine dans les milieux techniques et scientifiques de l'industrialisation agricole, le contexte politique et scientifique met cependant en avant leur lien avec la transition environnementale des pratiques agricoles : des services numériques de conseil sont vendus pour mettre en place les réglementations environnementales européennes contre les pollutions causées par les engrais azotés ; l'achat de certains outils numériques peut être subventionné par les Régions¹¹ ; des rapports d'expertise positionnent ces outils comme des solutions pour la transition environnementale des pratiques agricoles¹². Au-delà d'une transition effective des pratiques, les technologies numériques en agriculture se sont imposées avant tout comme un secteur d'investissement public et privé dans l'innovation. Le Plan Investissement d'Avenir de 2021 (PIA 4) consacre ainsi 95 millions d'euros au soutien de la recherche sur les technologies numériques en agriculture pour la transition agroécologique¹³. Dans certains pays comme le Royaume-Uni, les ambitions des politiques publiques de consolider une industrie d'innovation numérique en agriculture ont pris le pas sur les objectifs de compétitivité du secteur agricole¹⁴.

Cette mise en avant de la promesse d'une modernité verte pour l'agriculture par le déploiement de ces outils favorise le développement d'un secteur économique qui draine

¹⁰ Steven Wolf et Spencer Wood, « L'agriculture de précision. Légitimation environnementale, marchandisation de l'information et coordination industrielle », *Écologie & politique* 66, n° 1 (2023): 30/52; Christopher Miles, « The Combine Will Tell the Truth. On Precision Agriculture and Algorithmic Rationality », *Big Data & Society* 6, n° 1 (2019): 1/12; Louisa Prause, Sarah Hackfort, Margit Lindgren, « Digitalization and the Third Food Regime », *Agriculture and Human Values* 38, n° 3, septembre 2021: 641/55.

¹¹ Selon les régions, les listes de matériels des Plans de Compétitivité et d'Adaptation des Exploitations Agricoles (PCEA) peuvent subventionner l'achat de stations météo connectée, de services de conseil à visée environnementale, de technologies numériques optimisant l'application des produits chimiques.

¹² Jean-Marc Bournigal et al., « #Agricultureinnovation2025, 30 projets pour une agriculture compétitive et respectueuse de l'environnement », 2015; Véronique Bellon-Maurel et al., « Agriculture et numérique. Tirer le meilleur du numérique pour contribuer à la transition vers des agricultures et des systèmes alimentaires durables », Livre blanc Inria, INRAE, 2022.

¹³ Voir <https://agriculture.gouv.fr/investir-dans-la-france-de-2030-3-nouveaux-appels-projets-pour-accelerer-les-transitions-agricoles>

¹⁴ Antoine Bernard De Raymond, « Global Food Security, politique des sciences et stratégies de compétitivité agri-tech », in *Un monde sans faim*, par Antoine Bernard De Raymond et Delphine Thivet, Paris: Presses de Sciences Po, 2021, 73-95.

d'importants investissements financiers : celui des start-ups de l'AgTech et de la FoodTech¹⁵. Loin de concerner (uniquement) les pratiques de travail sur les fermes, l'agriculture de précision participe ainsi aux processus de privatisation et de financiarisation de l'innovation agricole et agronomique¹⁶, dans une logique analogue à celle de l'application de brevets sur la génétique du vivant, par exemple¹⁷.

Ainsi, déplier les origines et le développement des technologies numériques en agriculture permet de mettre à jour une tension : l'inégale et faible diffusion des technologies numériques à vocation environnementale contraste fortement avec l'ampleur de cette promesse au niveau des sphères politiques, financières et médiatiques et des enjeux commerciaux qu'elle soulève en tant que marché de services et d'outils.

Un apport incertain de la précision à la diminution des pollutions

Mais revenons à la promesse initiale de la précision technique permise par les technologies numériques, celle de la « bonne dose, au bon endroit, au bon moment ». Que dit la littérature sur l'efficacité technique de ces technologies et de leurs données numériques pour la transition environnementale ?

Prenons l'exemple du matériel de modulation, composante centrale du gain de précision dans l'utilisation des engrais : les multiples marées vertes et controverses environnementales entourant les pollutions des milieux aquatiques par les excès d'engrais agricoles appellent à une meilleure maîtrise de l'usage des produits fertilisants. Une des solutions promues s'appuie sur l'utilisation de technologies numériques : c'est la vieille promesse de précision des années 1990 que de pouvoir adapter les doses d'engrais aux besoins des cultures. Pour ce faire, l'agriculteur a besoin de différentes technologies combinées : un GPS et une console informatique dans son tracteur, une carte numérique¹⁸ recommandant les doses d'engrais et un matériel tracté appliquant les produits. C'est cet assemblage entre GPS, carte et matériel connecté qui permet de géolocaliser l'avancement du travail d'épandage, de faire varier les doses d'engrais selon les informations agronomiques synthétisées dans la carte et, *in fine*, d'adapter les pratiques agricoles à la spécificité locale des champs¹⁹.

La promesse technique réside dans l'adaptation fine des doses administrées aux besoins des plantes. Dans les exploitations françaises cependant, de multiples obstacles relativisent l'apport de ces technologies dans la réduction des doses d'engrais et la diminution

¹⁵ Les investissements mondiaux dans les start-ups de l'agriculture et de l'alimentation représentaient 51,7 milliards de dollars en 2021, et 29,6 milliards en 2022 (chute de 44%). Voir <https://research.agfunder.com/agfunder-global-agrifoodtech-investment-report-2023-fb5628814916427c849881af50d068f2.pdf>

¹⁶ Kelly Bronson, Sarah-Louise Ruder, « Big Tech Meets Big Ag: Diversifying Epistemologies of Data and Power », *Science as Culture* 31, n° 1 (2022): 15-28; Wolf et Wood, « L'agriculture de précision. Légitimation environnementale, marchandisation de l'information et coordination industrielle ».

¹⁷ Jennifer Clapp, Sarah-Louise Ruder, « Precision Technologies for Agriculture: Digital Farming, Gene-Edited Crops, and the Politics of Sustainability », *Global Environmental Politics* 20, n° 3, août 2020 : 49-69.

¹⁸ Ces cartes sont très majoritairement produites par des satellites, mais peuvent également être générées par des drones ou des capteurs embarqués sur les tracteurs.

¹⁹ Cette spécificité est principalement liée aux conditions météorologiques et au type de sol, et a une influence très forte sur la production finale obtenue par l'agriculteur et l'agricultrice (le rendement final).

des pollutions d'origine agricole²⁰ : le coût du matériel, la faible diffusion de l'engin tracté connecté et modulateur de dose sur les exploitations, la complexité des réglages à effectuer sur les machines. De plus, la dimension numérique de ces outils introduit elle-même de la complexité, voire des erreurs : les données produites par les technologies de mesure peuvent être mal calibrées, manquantes ou à des précisions insuffisantes pour être réellement utilisées. Une analyse fine de la qualité des données intégrées au matériel de modulation révèle de nombreuses zones d'imprécision et d'erreur, masquées par l'apparente technicité de ces informations et par l'invisibilisation de leurs conditions de production²¹. Ainsi, la littérature invite à davantage de prudence concernant l'idée selon laquelle des outils et données numériques permettraient effectivement une transition environnementale des pratiques agricoles par un gain de précision technique.

Une autre conception du tournant environnemental : l'encadrement administratif

Mais décalons un peu le regard de cette dimension technique du tournant environnemental pour nous intéresser à deux autres types d'organismes essentiels dans cette transition : l'agriculture est une profession et un secteur économique étroitement encadré par les pouvoirs publics et par les organismes des filières agricoles, qui prennent en charge les questions environnementales. En effet, les politiques publiques ont pour mission de réguler les crises environnementales liées aux pratiques agricoles par des obligations et des interdictions réglementaires (contrôle de l'usage des produits agro-chimiques). De leur côté, les entreprises des filières agricoles comme les coopératives et les industries agroalimentaires cherchent, elles, à développer de nouvelles pratiques agricoles au niveau des producteurs et productrices afin de répondre aux besoins des consommateurs et consommatrices pour des produits plus respectueux de la santé et de l'environnement. Ces deux traductions des enjeux environnementaux se rejoignent autour d'une dimension à laquelle répondent les technologies numériques : la traçabilité. Les réglementations administratives et les cahiers des charges environnementaux encadrant le nombre de traitements phytosanitaires, l'absence de résidus de pesticides etc., obligent les agriculteurs et agricultrices à consigner les informations concernant leurs pratiques de production au moyen de la traçabilité administrative. Les logiciels de gestion et les services de conseil sont ainsi également vendus et utilisés dans cet objectif de conformité réglementaire et technique aux prescriptions liées à l'environnement.

Ce décalage dans la définition du tournant environnemental a deux implications. Tout d'abord, au niveau des politiques publiques, les technologies numériques comme relai des réglementations ont un effet négatif sur la mise en œuvre effective des politiques environnementales. Différents cas d'étude montrent que l'intégration des technologies

²⁰ Sur ce point précis de la réduction des pollutions causées par les excès d'engrais en France : de façon indépendante au développement des technologies numériques – qui constituent seulement une petite partie des plans locaux de lutte contre ces pollutions – les taux de nitrates dans les nappes sont stables depuis les années 1990 au niveau national (amélioration en Bretagne, dégradation dans le bassin parisien), malgré la mise en place des réglementations.

²¹ Oane Visser, Sarah Ruth Sippel, et Louis Thiemann, « Imprecision Farming? Examining the (in)Accuracy and Risks of Digital Agriculture », *Journal of Rural Studies* 86 (août 2021): 623- 32. Oane Visser et ses collègues identifient ainsi trois types d'incertitudes convoquées par les outils numériques qui peuvent être invisibles pour les usagers et usagères et mener à une fausse idée de leur précision : l'opacité des algorithmes (« boîtes noires »), les modèles reposant sur de la prévision (météorologique, agronomique, notamment), la distance croissante avec la réalité du terrain qu'induit une gestion à distance des opérations agricoles par des outils numériques.

numériques (notamment satellitaires) aux dispositifs de régulation environnementale peut paradoxalement participer à minorer les contraintes environnementales réglementaires²². Ensuite, la traçabilité numérique mise en œuvre pour assurer la conformité des pratiques agricoles avec les standards et labels des industries privées met en avant une conception privée de la transition environnementale : cette dernière est ici destinée avant tout à satisfaire de nouveaux marchés de consommation, sans ambition explicite de protection des écosystèmes, des travailleurs et travailleuses agricoles, des dégâts et risques associés aux modes de production industriels. Cette conception privée repose sur un marché d'intermédiaires experts construisant des labels, des certifications et des standards de production²³.

Vers un nouveau verrouillage technologique ?

Les technologies numériques qui accompagnent le tournant environnemental des pratiques agricoles sont bien loin des plaquettes publicitaires vantant des robots de désherbage capables d'appliquer des herbicides localement sur les plantes indésirables, afin de diminuer à la fois la pénibilité du travail de maraîchage et le recours aux pesticides. À l'ombre des effets d'annonce des politiques de financement de la recherche scientifique et des start-ups de ces dix dernières années, certains outils spécifiques accompagnent le travail routinier des agriculteurs et agricultrices pour répondre aux critiques concernant la dégradation de l'environnement dès les années 1990 : les logiciels de gestion servent à sécuriser le travail administratif rendu obligatoire par les réglementations environnementales, à s'assurer que la « paperasse » correspondra aux demandes des administrations publiques qui sont complexes, changeantes et parfois inadaptées au fonctionnement d'une exploitation²⁴. Cependant, ce recours aux technologies numériques ne garantit pas la bonne mise en œuvre des réglementations publiques et participe parfois à leur ineffectivité²⁵.

Par ailleurs, l'ampleur des financements publics engagés dans la recherche et le développement de ces technologies, le modèle économique des vendeurs de services numériques, conduisent à relativiser l'ampleur de la rupture technique avec le paradigme productiviste à l'origine des crises environnementales. Les technologies numériques développées et utilisées pour rationaliser et optimiser l'usage d'intrants chimiques concourent *in fine* à maintenir le système technique actuel en agriculture, centré sur des objectifs productivistes et un fort recours aux produits agro-chimiques. La question d'un nouveau « verrouillage technologique »²⁶, qui désigne la difficulté à développer des alternatives en raison de choix techniques passés et d'articulation étroite entre différentes composantes des systèmes (semences, machines, produits agro-chimiques) mérite ici d'être posée, notamment

²² Jeanne Oui, « Produire une faute « conforme ». Outils numériques et normes environnementales en agriculture », *Sociologies Pratiques* 46 (à paraître), 2023; Léo Magnin, « La haie requalifiée. Enquête sur un dispositif d'écologisation de la Politique agricole commune (2014-2019) », Thèse de sociologie, Université Paris-Est - École Normale Supérieure de Lyon, 2021.

²³ Ève Fouilleux et Allison Loconto, « Dans les coulisses des labels : régulation tripartite et marchés imbriqués: De l'europanisation à la globalisation de l'agriculture biologique », *Revue française de sociologie* 58, n° 3 (2017): 501.

²⁴ Blandine Mesnel, « Les agriculteurs face à la paperasse. Policy feedbacks et bureaucratisation de la politique agricole commune », *Gouvernement et action publique* 6, n° 1, 2017.

²⁵ Jeanne Oui, Steven Wolf, et Christopher Miles, « One environmental regulation for all? Digital farm data and regulatory flexibility », 4S conference Cholula (Mexico), décembre 2022.

²⁶ Marie-Benoît Magrini et al., « Transition vers des systèmes agricole et agroalimentaire durables : quelle place et qualification pour les légumineuses à graines ? », *Revue Française de Socio-Économie* 18, n° 1, 2017: 53-75.

au vu de l'importance des financements publics mobilisés pour accompagner ce développement technique : dans quelle mesure le recours actuel à ces technologies numériques amène à obstruer les futurs possibles pour les mondes agricoles, en verrouillant la production de savoirs par, pour et sur les exploitations agricoles ?