



HAL
open science

Risques

Frédéric Garcia, Pierre P. Labarthe, Emmanuel Prados, Véronique Bellon
Maurel, Grégoire Chambaz

► **To cite this version:**

Frédéric Garcia, Pierre P. Labarthe, Emmanuel Prados, Véronique Bellon Maurel, Grégoire Chambaz. Risques. Agriculture et numérique : Tirer le meilleur du numérique pour contribuer à la transition vers des agricultures et des systèmes alimentaires durables, 6, INRIA, pp.106-119, 2022, Livre blanc INRIA. hal-03609504v1

HAL Id: hal-03609504

<https://hal.inrae.fr/hal-03609504v1>

Submitted on 15 Mar 2022 (v1), last revised 13 May 2022 (v2)

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.

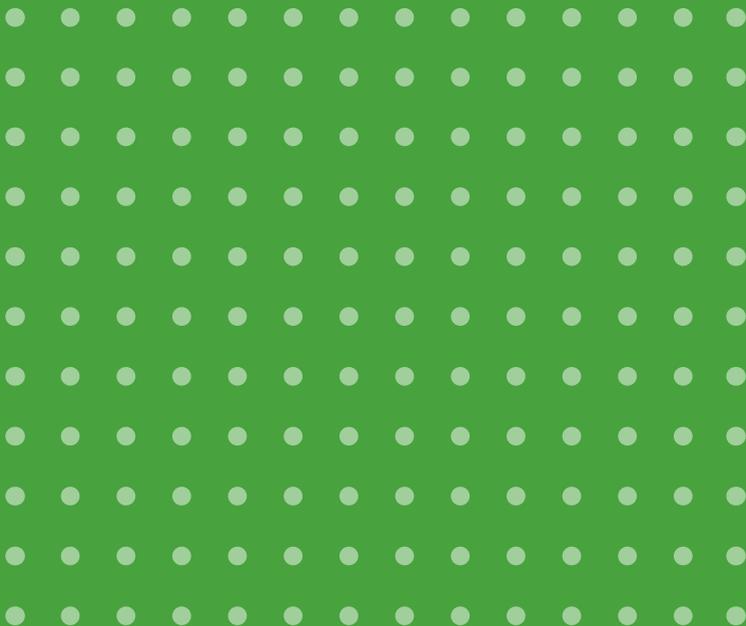
L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Risques

Auteurs – Frédéric Garcia, Pierre Labarthe, Emmanuel Prados,
Véronique Bellon-Maurel, Grégoire Chambaz.

Remerciements (contribution, relecture, édition) – Ludovic Brossard,
Nathalie Gandon, Aurélie Javelle, Nathalie Mitton, Alexandre Termier.



Nous vivons dans un monde largement impacté par la révolution numérique en cours. Nous avons vu au chapitre 4 un ensemble de potentialités offertes par ces nouvelles technologies qui pourraient aider à développer une agriculture à la fois plus agroécologique, plus durable, et plus productive. Plus largement, le potentiel disruptif des technologies numériques semble sans limite et la révolution numérique pourrait apparaître ainsi comme une révolution de l'« encapacitation » (*empowerment* en anglais) où l'on voit s'accroître considérablement la capacité des acteurs à transformer efficacement tous les domaines de la société, tels que l'agriculture, mais aussi la santé, les transports, la culture, l'environnement, etc. Observer, prédire, anticiper, contrôler les processus naturels et sociaux à l'œuvre sur la planète pourraient sembler désormais relever du domaine du possible avec le numérique.

Le développement croissant des technologies numériques en agriculture soulève pourtant aujourd'hui de nombreuses interrogations quant à la tenue des promesses dont ce développement est porteur et sur la justesse et l'acceptabilité sociale des transformations qui l'accompagnent. Cette prise de conscience des risques inhérents à la révolution numérique n'est pas propre à l'agriculture. Les nombreuses analyses conduites autour des questions de démocratie, d'économie, d'environnement, de travail, de formation, d'information, etc. confirment l'ampleur des changements en cours et soulignent l'importance qu'il y a à ce que la société s'empare des enjeux du numérique, en intégrant le fait que les technologies ne sont pas neutres (*Stiegler, 2015 ; Boullier, 2019*).

En écho à ses nombreuses potentialités, le développement du numérique en agriculture nous semble s'accompagner de plusieurs risques : décevoir les attentes suscitées par la transition vers une agriculture et des systèmes alimentaires plus écologiques ; amplifier les impacts négatifs du numérique sur la société en termes de perte d'autonomie des acteurs et de renforcement des inégalités et des rapports de force ; mais aussi dériver vers une perte de souveraineté numérique et alimentaire du pays, et enfin accroître la vulnérabilité, diminuer les rendements et affaiblir la gouvernance du système alimentaire devenu trop complexe.

Évoquer ces risques, c'est permettre au citoyen, à l'agriculteur, au chercheur, de réfléchir à ses pratiques, ses choix, ses priorités afin de les guider et de construire un numérique responsable, qui les minimisera. Ce chapitre a vocation à les inventorier.

5.1 Compromettre la transition écologique de l'agriculture

Plusieurs raisons pourraient altérer la promesse du numérique de contribuer à la transition écologique. Pour certains, le numérique serait une technologie « verrouillante », qui a tendance à être déployée pour essayer de soigner des symptômes plutôt que pour corriger les causes des problèmes et dangers auxquels nous sommes confrontés, et dont la large diffusion serait une fuite en avant qui bloquerait toute possibilité de changements plus systémiques et radicaux. Le numérique en agriculture viendrait également distendre les derniers liens forts entre l'Homme et la nature. Enfin, le numérique a une empreinte écologique certaine, mais encore mal connue et peu prise en compte, ce qui pourrait remettre en question les véritables gains environnementaux qu'il apporterait.

Verrouiller la transition agroécologique

Le verrouillage technologique, ou sociotechnique, notion issue des théories de l'innovation (*David, 1985 ; Arthur, 1994*), fait référence à une situation où une innovation est bloquée car la forte cohérence des stratégies économiques et techniques des différents acteurs en place, ce que l'on nomme le régime socio-technique, empêche toute déstabilisation et évolution, même dans le cas où l'innovation pourrait être profitable au plus grand nombre.

Ce concept de verrouillage est typiquement évoqué dans le cas de la transition agroécologique (*Meynard, 2018*), visant à réorienter les systèmes de production vers des pratiques moins consommatrices d'intrants chimiques, en référence à deux spécificités de l'agriculture des pays développés : une protection des cultures principalement basée sur l'usage des pesticides, et une spécialisation des productions accompagnée d'une raréfaction de la polyculture-élevage. L'organisation intégrée, systémique, de la chaîne agroalimentaire autour de ces caractéristiques rend alors difficile la transition agroécologique car l'ensemble des acteurs économiques, technologiques, territoriaux, doivent évoluer de manière coordonnée.

La question posée est alors de savoir si le développement des technologies numériques en agriculture n'est pas lui-même porteur d'un nouveau risque de verrouillage technologique, qui viendrait limiter les chances de succès de la transition agroécologique dans toute sa diversité. En effet, le numérique apparaît comme un vecteur d'intégration très fort entre les différents acteurs de la chaîne agricole, à toutes les échelles économiques et territoriales. De plus, il est globalement parfaitement compatible avec le régime sociotechnique du modèle agricole actuel, en particulier dans son lien aux machines agricoles

(tracteur-GPS-matériel d'application modulée) ou aux technologies satellitaires, qui mettent d'ailleurs en avant l'objectif d'une meilleure maîtrise de la consommation d'intrants (Labarthe, 2010). Ainsi, le numérique pourrait venir renforcer le verrouillage sociotechnique de la situation actuelle, limitant encore plus l'émergence possible d'innovations alternatives promouvant des pratiques agricoles radicalement plus écologiques et moins productivistes, qui pourraient ultérieurement venir faire évoluer le système actuel. La digitalisation serait ainsi caractérisée par une forme de dépendance au sentier ⁶², excluant des formes alternatives d'agricultures (Clap et Ruder, 2020). Ce n'est donc pas tant le risque d'une agriculture numérique « non écologique » qui est souligné, mais celui d'une numérisation de l'agriculture qui accompagne et qui renforce le modèle dominant productiviste, qu'il s'agit justement de faire évoluer vers une agriculture plus agroécologique.

Distendre le lien de l'Homme à la nature

La révolution numérique et les nouvelles technologies qui l'accompagnent ont pour impact majeur chez l'Homme de transformer ses perceptions et représentations du monde, en proposant des interfaces qui sont supposées étendre et enrichir ses capacités corporelles et cognitives.

En agriculture, ce développement du numérique se traduit par des « agriculteurs augmentés » grâce à des capteurs et des robots intelligents, qui constituent une interface nouvelle entre eux et le monde vivant de l'exploitation agricole, animaux ou plantes. Dans le domaine des sciences sociales, plusieurs travaux portent ainsi sur les conséquences de ces nouvelles interfaces, particulièrement en élevage où il s'agit par exemple d'étudier si la « *machine sépare l'Homme de la matière* » via la *data*, ou encore si le robot est « *un facteur de liberté ou d'emprisonnement des bêtes et des Hommes* » (Lagneaux et Servais, 2014). Si le monde des plantes reste encore peu exploré, des premiers travaux commencent à porter néanmoins sur les transformations apportées par le numérique à nos relations avec les plantes (Javelle et al., 2021).

Au-delà du risque de perte de lien matériel à la nature par le fait de l'augmentation des interfaces numériques, plusieurs auteurs abordent également la question de la réification du vivant amenée par l'agriculture de précision, et des risques éthiques que cela soulève (Bos et al., 2018). C'est tout particulièrement le cas pour l'élevage, pour lequel la technologisation et l'artificialisation croissantes des modes de production agricole évoquent pour certains un possible transanimalisme⁶³

62. La notion de dépendance au sentier (*path dependence* ou dépendance au chemin emprunté) s'est développée en science politique au cours des années quatre-vingt-dix, pour souligner le poids des choix effectués dans le passé et celui des institutions politiques sur les décisions présentes.

63. Droit Animal Ethique & Sciences (2017). *Transanimalisme, animaux augmentés, animaux cyborg : vers un statut de « sous-machine » ?* 93, <https://www.fondation-droit-animal.org/documents/revue93.pdf>

visant à développer des animaux « augmentés », dans le but certainement d'en améliorer le bien-être, mais également d'en accroître la productivité. Quels sont les impacts de cette approche réductionniste, qui renforce l'image de l'animal-machine (Meuret et al., 2013) sur la relation homme-animal (Larrère et Larrère, 1997), mais aussi sur l'efficacité de la globalité du système de production ? Quels regards les citoyens portent-ils sur cette agriculture ? Autant de questions abordées par les sciences humaines et sociales en lien avec les sciences agronomiques.

Contribuer à l'empreinte environnementale croissante du numérique

Par ailleurs, le numérique a une charge environnementale aujourd'hui peu ou pas prise en compte en agriculture. Comme pour les autres domaines de la société, le développement du numérique en agriculture va impliquer une multiplication des équipements de captation de données, de transferts (déploiement des réseaux de capteurs sans fil, voire usage de la 5G), de stockage et de calcul (cf. les plates-formes proposées par les tractoristes), nécessitant des composants et systèmes électroniques toujours plus puissants et toujours plus énergivores, avec toutes les conséquences environnementales⁶⁴ que cela implique (épuisement des ressources, changement climatique, etc. (Marquet et al., 2019)).

En savoir +

La chaîne agroalimentaire représente aujourd'hui 13 % de la consommation énergétique totale française (en particulier, pour le maintien de la chaîne du froid) ; la part du numérique tous secteurs confondus s'élève à 12 % de la consommation électrique et 3 % de la consommation énergétique totale, le contributeur majeur étant les flux vidéo. Si les chiffres actuels en agriculture ne paraissent pas spécialement alarmants, l'augmentation de la part du numérique agricole dans ce bilan doit toutefois être surveillée.

La multiplication des capteurs connectés de toute sorte augmenterait le recours à des ressources comme les métaux précieux (argent, or, palladium) et les terres rares (néodyme, praséodyme, gallium, germanium, etc.) présents dans ces composants électroniques, et dont l'extraction et la séparation nécessitent une quantité énorme d'énergie et d'eau, au sein de sites de production très inégalement répartis sur Terre et aujourd'hui principalement situés en Chine (Pitron, 2018). Elle poserait aussi des défis en termes de gestion de fin de vie des matériels avec un risque de dissémination de déchets technologiques non réellement contrôlée, à

64. <https://www.lemonde.fr/blog/binaire/2019/01/29/impacts-environnementaux-du-numerique-de-quoi-parle-t-on/>

l'instar de ce que l'on observe pour le retraitement des téléphones portables en France : seuls 15 % des appareils sont collectés en regard des plus de 25 millions de téléphones mis sur le marché chaque année, et ce malgré l'existence de la filière DEEE de retraitement des déchets d'équipements électriques et électroniques (Blandin, 2016).

5.2 Renforcement des inégalités et des rapports de forces

Un des risques associés au mouvement de digitalisation de l'agriculture, signalé dès les années quatre-vingt-dix (Wolf et Buttel, 1996), réside dans un renforcement d'une trajectoire d'industrialisation de l'agriculture, dont les conséquences sociales et environnementales sont l'objet de controverses. Il y aurait une forme de coévolution entre la diffusion des technologies numériques et la concentration de la production dans des unités de production toujours plus grandes, orientées vers la recherche d'efficacité et les gains de productivité, au détriment d'autres formes d'agriculture ou de populations de travailleurs agricoles. Ces risques sont discutés par des approches inscrites dans différentes disciplines des sciences humaines et sociales, principalement en sociologie, en sciences politiques et en économie institutionnelle (Klerkx et al., 2019).

Des risques d'exclusion

Les risques d'exclusion associés à l'agriculture numérique sont multiples. Ils renvoient à différents débats sur la diversité et la coexistence des modèles de production agricole.

Un premier risque est relatif aux exploitations agricoles de petite dimension économique. La question de l'exclusion des petites exploitations n'est pas propre aux technologies numériques : il a été montré comment la modernisation de l'agriculture française a pu exclure les petites exploitations agricoles, notamment par les économies d'échelle qui caractérisent le développement technologique (Deléage, 2013). La digitalisation s'inscrirait donc dans cette trajectoire technologique de l'agriculture basée sur l'agrandissement des exploitations agricoles. Elle pourrait même l'accélérer, car intrinsèquement, certaines technologies numériques (par exemple celles basées sur les images satellitaires) nécessitent des tailles minimales de parcelles ou de surfaces agricoles pour être profitables. Ce risque d'exclusion est à rapprocher de l'inadéquation présentée en 5.1 entre les technologies numériques et certaines formes d'écologisation de l'agriculture, qui nécessitent des reconceptions plus profondes des systèmes de production.

Un deuxième risque est celui de renforcer une précarisation du travail agricole, dans un contexte de croissance de la part du salariat dans l'emploi agricole et de recherche de réduction des coûts du travail pour accroître la productivité des exploitations. Le développement de la robotique, en se substituant à la main d'œuvre ou en la réduisant à certaines activités plus qualifiées, pourrait renforcer encore la précarité de certaines populations, et notamment des populations pauvres de travailleurs immigrés.

Troisième risque, les difficultés d'accès aux technologies numériques, et/ou aux compétences nécessaires à leur utilisation, seraient aussi un facteur d'exclusion dans le domaine agricole. Ce débat rejoint en partie celui lié à la fracture numérique (*digital divide*) et au risque d'exclusion de certains territoires ruraux en retard d'équipements numériques infrastructurels.

Perte d'autonomie des agriculteurs

Des recherches en sociologie rurale ont examiné les implications que pourrait avoir la digitalisation sur l'autonomie décisionnelle des agriculteurs et le sens qu'ils donnent à leur métier. Elle peut avoir des répercussions importantes sur le tissu culturel des zones rurales et des agriculteurs, car elle affecte ce que signifie être un agriculteur (*Burton et Riley, 2018*). La numérisation peut faire passer la culture agricole d'une gestion « pratique » et fondée sur l'expérience à une approche axée sur les données. Elle pourrait « discipliner » les routines de travail des agriculteurs, en les conditionnant à travers une nouvelle forme de « rationalité algorithmique » (*Miles, 2019*). En conséquence, une numérisation échappant au contrôle des agriculteurs est un sujet de débat⁶⁵. Des questions ont également été soulevées concernant l'effet de la numérisation sur l'autonomie des agriculteurs, y compris la crainte que les agriculteurs ne deviennent des « travailleurs de données » (*Rotz et al., 2019*).

Contrôle par l'aval et par l'amont

Une autre interrogation réside dans les rapports de force que la digitalisation pourrait renforcer entre l'agriculture et ses secteurs d'amont et d'aval. L'agriculture a souvent été décrite comme un secteur dominé par l'amont et l'aval, et notamment par son amont (machinisme, industrie chimique, semences...) pour les dynamiques d'innovation. Différents auteurs s'interrogent donc sur la façon dont la digitalisation s'inscrit dans les transformations (ou dans le renforcement) des rapports de l'agriculture à d'autres secteurs.

65. <https://www.amisdelaterre.org/communique-presse/nouveau-rapport-agriculture-et-numerique-vers-une-fuite-en-avant/>

Avec l'amont, les technologies numériques pourraient accroître la dépendance des agriculteurs à certains intrants (pesticides, engrais minéraux...) tout en optimisant et réduisant leur utilisation. Ce paradoxe est notamment lié au fait que les technologies numériques s'incarnent dans des équipements spécifiques qui embarquent des modèles, standardisent les modes de décision et induisent des asymétries de connaissances. Elles changent le contrôle des connaissances (Bronson et Knezevic, 2016).

Avec l'aval, les nouveaux outils de partage et de contrôle de l'information (et notamment les technologies de type *big data* et *blockchain*) peuvent changer ou renforcer la place de différents acteurs dans les écosystèmes d'innovation et les chaînes de valeur. Les questions posées sont celles des conséquences sur le partage de la valeur, sur la gouvernance des filières, sur le risque de formes de filialisation de l'agriculture et de contrôle par les firmes d'agroalimentaire situées en aval de l'agriculture.

Un nouveau questionnement est lié au rôle que peuvent jouer de nouveaux acteurs, à savoir les firmes du secteur des technologies numériques, des startups aux multinationales ; des géants du numérique ont par exemple réalisé des investissements significatifs en agriculture, parfois de façon jointe avec des équipementiers. Ces investissements s'accompagnent eux aussi de nombreux questionnements sur la gouvernance des données en agriculture, sur la capacité des acteurs du secteur agricole à contrôler les connaissances qui sont intégrées dans les technologies numériques et à capter la valeur qu'elles produisent (Carbonell, 2016).

Les technologies numériques sont donc associées à des dynamiques intersectorielles qui appellent à mener des recherches pluridisciplinaires sur les changements institutionnels induits et sur d'éventuels risques de verrouillage (Carolan, 2020 ; Labarthe, 2010).

Accès à l'information et à la formation, et quel rôle pour le conseil ?

Une particularité fondamentale des technologies numériques est qu'elles ne sont pas neutres pour les systèmes d'innovation et de connaissances agricoles : elles peuvent transformer en profondeur la façon dont se construisent et se diffusent les connaissances et les informations au sein du secteur (Busse et al., 2015).

Des travaux récents font ainsi part des potentialités mais aussi des menaces que font peser les technologies numériques sur certains acteurs ou certaines fonctions au sein des systèmes d'innovation. C'est notamment le cas du conseil agricole, dont les acteurs, les méthodes, le contenu, voire la légitimité même, sont profondément questionnés par les technologies numériques (Fielke et al., 2020).

Il y a pourtant de nombreux enjeux autour du rôle que le conseil ou d'autres intermédiaires des systèmes d'innovation peuvent jouer avec l'avènement du numérique : comment intégrer des informations de plus en plus nombreuses sans générer un trop grand stress ou une pression psychologique pour les agriculteurs ? Qui sera capable d'évaluer et de comparer l'efficacité, la robustesse et la pertinence de différents outils numériques ? Qui pourra contrôler le contenu de ces connaissances (modèles agronomiques, tests de validité, etc.) embarquées dans ces outils et applications ?

La question de l'impact du numérique sur la diffusion des informations et des connaissances au sein du secteur agricole renvoie également au problème des inégalités, soulevé dans la sous-section précédente. Ces inégalités sont liées à des questions d'accessibilité (financière, cognitive, connectique) aux technologies numériques. La question de l'inégalité d'accès au conseil et à l'information n'est pas nouvelle (*Mundler et al., 2006*) ; il s'agit de savoir si le numérique sera un vecteur de réduction ou d'accroissement de ces inégalités. Cela renvoie à des questions de coûts et d'équipements des territoires ruraux en infrastructures numériques, mais pas seulement : il s'agit aussi de former la population agricole et rurale, dans toute la diversité des groupes sociaux qui la composent, afin de lui permettre d'acquérir les compétences nécessaires à une utilisation efficace et pertinente de ces technologies.

5.3 Perte de souveraineté

Le rapport final de la commission d'enquête du Sénat « Souveraineté numérique » de 2019 (Longuet, 2019) démontre que la question de la souveraineté numérique est on ne peut plus actuelle. Ce rapport souligne en particulier le fait que cette question constitue pour la France un triple défi « éthique, de sécurité et de liberté économique », dans un contexte dans lequel nos sociétés sont confrontées à une mise en cause de leurs valeurs, et où l'Homme est « de plus en plus une somme de données à exploiter ». Bien que l'agriculture soit un domaine où la question de la souveraineté nationale, à l'échelle individuelle ou collective, peut apparaître comme assurée de manière évidente (production par essence ancrée sur les territoires, lien culturel fort aux terroirs, rôle historique de la puissance publique dans l'organisation et l'appui à la production agricole, importance reconnue en France d'une recherche agronomique publique, la PAC pilier de la construction européenne), le développement des technologies numériques en agriculture fait apparaître de nouveaux enjeux forts liés à la souveraineté numérique (*Klerkx et al., 2019*).

Perte d'autonomie dans la maîtrise de l'alimentation

La numérisation croissante de la chaîne producteurs – transformateurs – distributeurs – consommateurs, qui vise principalement à rationaliser l'offre de production face aux besoins, minimiser les coûts de logistique et de transformation, et maximiser la satisfaction des consommateurs, conduit potentiellement à une intégration toujours plus grande de l'agriculture. La question de la souveraineté se pose dès lors qu'un acteur devient monopolistique dans le contrôle d'un secteur, comme on peut le voir avec l'offensive actuelle d'un géant du numérique comme Amazon dans le domaine de la distribution alimentaire⁶⁶. On peut également évoquer ici le développement rapide de l'usage des outils connectés sur *smart-phones* pour l'évaluation des aliments et autres produits de consommation (impact environnemental, qualité nutritive), qui peut à terme impacter fortement les modes de consommation⁶⁷. Le contrôle démocratique de ces nouveaux outils grand public n'est pas nécessairement assuré, avec le risque là encore de situation monopolistique. Enfin, le modèle économique de la transition numérique repose en partie sur des startups, dont certaines visent à se faire racheter par des grands groupes, ce qui soulève intrinsèquement des questions de souveraineté nationale quant aux technologies et services numériques qui seront développés pour l'agriculture et aux données qui en seront issues (*Schneider, 2020*).

Confiscation des données agricoles

La souveraineté numérique passe par la maîtrise de la donnée. Que ce soit du fait des grands constructeurs d'agroéquipements ou des géants du numérique, le risque existe d'une confiscation des données agricoles, soit par simple fermeture de l'accès aux données, soit par leur ouverture dans des formats non pratiquement manipulables. Un cheval de Troie de la collecte de données en agriculture est la machine agricole, comme les robots de traite en élevage mais aussi les tracteurs et machines de récolte pour les grandes cultures. Sur ces machines agricoles, des capteurs de plus en plus nombreux recueillent des données sur les opérations effectuées, et les transmettent aux constructeurs. Les contrats d'achat régissent leur usage au bénéfice du constructeur (une cession globale des données agricoles y est souvent stipulée), et entretiennent la non-transparence sur la chaîne des données (que contiennent-elles, où vont-elles, pour quoi faire ?), ainsi qu'un quasi verrouillage (il peut être très difficile pour les agriculteurs de pouvoir simplement disposer efficacement de leurs données, encore plus de les valoriser) (*Carbonnel, 2016*). La profession est consciente de ce risque, et les agriculteurs français se sont

66. <https://siecledigital.fr/2020/08/31/amazon-ouverture-de-son-premier-supermarche-connecte-amazon-fresh/>

67. <https://www.capital.fr/conso/peut-on-faire-confiance-a-yuka-pour-ses-courses-1319721>

organisés via la charte *Data Agri*⁶⁸ proposée par les syndicats FNSEA et JA, pour améliorer la maîtrise, la transparence et la sécurité des données agricoles dans les contrats. La France apparaît ainsi comme relativement en avance en Europe sur la réflexion autour de l'usage des données agricoles, dans une démarche qui vient compléter de manière indépendante la réglementation RGPD sur les données personnelles.

Le partage des données agricoles est une priorité à la fois pour la profession agricole et pour la recherche agronomique afin de soutenir le développement des connaissances agronomiques et des technologies et services numériques en agriculture. C'est également un enjeu fort de souveraineté numérique. La plate-forme *Agdatahub*⁶⁹ d'échanges de données utiles au secteur agricole, et à l'initiative de nombreuses organisations agricoles (chambres d'agriculture, instituts techniques...) et entreprises, est un bon exemple de la volonté et de la possibilité d'organiser un système de confiance autour de la donnée (choix des sociétés françaises *DAWEX* et *3DS OUTSCALE* pour la plate-forme *Agdatahub*).

Perte de maîtrise de l'outil de production

La question de la souveraineté se pose également au niveau de la maîtrise des outils de production agricole. La numérisation se traduit par une complexification croissante de ces outils (*Bournigal, 2014*), avec une maintenance de plus en plus difficile, que ce soit pour les agriculteurs ou pour les concessionnaires qui subissent ainsi une perte d'autonomie technique. Il en est de même au niveau de la formation, car les enseignants des lycées agricoles rencontrent des difficultés à former les jeunes futurs professionnels utilisateurs des agroéquipements, dans un domaine de haute technologie et en grande mutation (*Isaac et Pouyat, 2015*).

Par ailleurs, la question de la souveraineté se pose également avec l'absence d'entreprises nationales parmi les leaders du machinisme agricole (*AGCO, John Deere, New Holland, Lely, De Laval*), même si la France possède plusieurs entreprises pionnières en robotique mobile agricole (par exemple *Naiio Technologies*).

Un enjeu de cybersécurité

Dans le domaine de la cybersécurité, un premier enjeu concerne les risques d'attaques via les objets et capteurs connectés (*Dhar, 2021*). Soit l'objet connecté devient lui-même une source d'attaque du type *deny of service*, soit il est piraté pour en prendre le contrôle dans un but malveillant. Ce dernier cas est le plus à

68. <https://www.data-agri.fr/>

69. <https://agdatahub.eu/>

craindre, particulièrement dans le cas de systèmes agricoles très intégrés dans lesquels l'agriculteur aura laissé beaucoup d'autonomie au système de contrôle automatique (serres automatiques, robots de traite, etc.). Le fait que ces objets soient souvent produits hors d'Europe et que nous n'ayons pas la main sur leur conception (pour assurer une *security by design*) doit nous rendre d'autant plus vigilants sur l'existence possible de *backdoors* informatiques.

Un second enjeu relève plus globalement de la protection contre la récupération et le piratage (vol, altération, destruction) de données agricoles. Les choix de conception des plates-formes de partage de ces données ont bien sûr un impact fort sur le niveau de protection envisageable. Même si les cas majeurs de cyberattaques concernent pour l'instant des organismes stratégiques pour nos sociétés (hôpitaux, aéroports, banques, etc.), l'importance vitale de nos systèmes de production et consommation alimentaire pourra dans l'avenir les transformer en cibles potentielles (Gupta et al., 2020).

5.4 Accentuation de vulnérabilités et rendements négatifs

Vulnérabilités du système agroalimentaire

Comme nous l'avons décrit en 2.3, l'activité agricole moderne interagit avec un ensemble de filières et d'acteurs de tailles et de natures très diverses. Les chaînes logistiques ou décisionnelles qui en résultent sont très « longues ». L'activité agricole s'insère aussi dans des territoires tendanciellement de plus en plus spécialisés (Bowler, 1986). Le fonctionnement de ce système repose sur de très nombreuses et de très fortes relations de dépendance asymétriques entre ces acteurs. Il repose aussi sur des usages intensifs de technologies dont les utilisateurs deviennent progressivement dépendants. La digitalisation de ce système pourrait accroître des dépendances entre plusieurs de ses éléments et en créer de nouvelles⁷⁰ (ces évolutions amplifient les risques que le fonctionnement partiel ou interrompu d'un élément soit à même de paralyser l'ensemble du système. Ces problèmes de blocage et d'interdépendance ont bien été mis en lumière lors de la crise de la Covid-19 avec l'émergence de plusieurs points de tension à différents endroits du système agroalimentaire⁷¹. En désorganisant les chaînes logistiques, la crise due à la Covid-19 a aussi amené à l'émergence de pénurie de biens dans de nombreux secteurs dont le cuivre et les puces électroniques, mettant ainsi en évidence la réalité des risques liés à leur dépendance (Bouissou et

70. Cf. section 5.1 (« Verrouiller la transition agro-écologique ») et section 5.2.

71. Par exemple les risques liés à la logistique et à l'arrêt des flux migratoires, ceux liés aux instabilités générées par la mise en place de politiques nationales non collaboratives de type « chacun pour soi »...

Albert, 2021). Cette alerte devrait être d'autant plus saisissante qu'un certain nombre de chocs (régionaux et systémiques) prévisibles dans les deux prochaines décennies⁷², en particulier le pic pétrolier (Delannoy et al., 2021), auront très probablement un impact bien supérieur sur tout le fonctionnement de la société, en particulier celui du système agroalimentaire (Servigne, 2014). Alors qu'il est désormais critique d'augmenter la résilience du système agroalimentaire, la numérisation de celui-ci risquerait ainsi de le fragiliser en le rendant plus vulnérable.

Complexification, rendements décroissants et risques associés

Comme établi précédemment, le système agroalimentaire repose sur de nombreux acteurs, filières et territoires de plus en plus spécialisés et de tailles et de natures très diverses. Il repose aussi sur de nombreux mécanismes de régulation et de nombreuses relations de dépendances. Ainsi aujourd'hui, l'agriculture et ses secteurs amont et aval forment un système sociotechnique complexe au sens de Tainter (Allen et al., 1999).

Tainter a pu démontrer que les sociétés humaines se complexifient tendanciellement à mesure qu'elles résolvent les problèmes auxquels elles sont confrontées – parce que les solutions déployées nécessitent l'ajout de nouveaux éléments dans le système et l'introduction de nouvelles régulations (Tainter, 1990 ; Chambaz, 2019). Cette complexité est « payée » *in fine* en dépenses énergétiques : plus

une société devient complexe, plus elle nécessite d'énergie pour assurer son fonctionnement de base (Tainter, 2016). Ce problème est amplifié par le fait que l'accroissement en complexité suit la loi des rendements décroissants : à partir d'un seuil, les bénéfices de l'augmentation en complexité d'une société s'accroissent moins rapidement que les coûts, jusqu'à une situation critique où les coûts peuvent devenir plus importants que les bénéfices⁷³ (on parle alors de rendements négatifs), comme cela a pu être observé peu avant l'effondrement de plusieurs civilisations (Tainter, 2009). L'enjeu de la complexité est donc de maintenir son coût énergétique global en dessous des bénéfices qu'elle prodigue, sans quoi le risque est que la trajectoire d'évolution du système échappe à tout contrôle et que toute tentative de correction du système aboutisse en réalité à accroître sa volatilité, sa vulnérabilité et son incontrôlabilité.

72. Et dont la probabilité et l'intensité vont s'amplifier dans les décennies suivantes ! Cf. Chapitre 2.

73. Ces phénomènes de rendements décroissants puis négatifs sont largement étudiés et documentés, notamment en agriculture (Brue, 1993), dans la sécurité (Elhefnawy, 2004), l'extraction d'hydrocarbures (Tainter et Patzke, 2012) ou plus généralement dans l'évolution macroéconomique mondiale (Elhefnawy, 2008).

Le système agricole et alimentaire est déjà un système sociotechnique particulièrement complexe dont les coûts globaux comprennent des coûts indirects (parfois très éloignés) liés aux externalités négatives telles que les impacts environnementaux, sanitaires et sociopolitiques, qui sont invisibles ou ignorés par la grande majorité des acteurs (cf. 2.1). Notre incapacité à évaluer ces coûts globaux consolidés (énergie, matière, pollutions), notre inaptitude à nous situer dans la dynamique susmentionnée, nous font donc potentiellement prendre des risques majeurs à chaque complexification supplémentaire du système.

Il est donc sans doute nécessaire aujourd'hui de s'interroger sur les effets du développement du numérique par rapport à ce risque, en particulier dans l'agriculture. En effet, comme nous l'avons vu précédemment, la numérisation croissante de la chaîne agroalimentaire risque de complexifier encore davantage ce système, et de renforcer et étendre les liens et dépendances. Un usage incontrôlé de l'IA et du *big data*⁷⁴ pourrait nous enfermer davantage dans une spirale de complexité croissante.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons parcouru un ensemble de risques qui accompagnent le développement du numérique en agriculture. Ces risques sont de natures différentes, et portent sur des dimensions économiques, politiques, sociétales, psychologiques, environnementales, etc. Ces risques pourraient potentiellement être inhérents au déploiement de ces technologies : il est possible qu'ils ne puissent être évités voire contrôlés. Le déploiement et les usages de ces technologies dépendent évidemment des recherches menées en amont, mais ils dépendent aussi et surtout, *in fine*, de la façon dont les acteurs s'en emparent (citoyens, agriculteurs, acteurs de l'agro-industrie et agroalimentaire, acteurs politiques) et du fonctionnement global de la société (modèle économique, régime politique, cadres normatifs, idéologies...). La difficulté pour les sociétés de contrôler le développement du système technique a d'ailleurs été identifiée depuis longtemps (Ellul, 1977). Il est indispensable de prendre tous ces éléments en compte dans l'orientation des recherches futures sur ce domaine, comme nous tentons de le faire dans l'identification de défis présentés dans le chapitre 6 pour un numérique responsable, pertinent et partagé.

74. Car, avec ces technologies, la quantité et la complexité des services et matériels requis vont significativement s'accroître (généralisations, circulations, stockages et traitements des données — capteurs, plates-formes, réseaux...).