

# Numérisation dans le système alimentaire et transitions

## Digitalization in the food system and transitions

Delphine Gallaud<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CESAER UMR 1041-Institut Agro Dijon-INRAE, Dijon, Delphine.Gallaud@agrosupdijon.fr

**RÉSUMÉ.** Le système alimentaire actuel atteint des limites de soutenabilité, économiques, environnementales et sociales. Il a un impact environnemental élevé, il contribue à plus du tiers des émissions de GES au niveau mondial. D'autre part, il a également des conséquences sociales sur la santé des consommateurs, la surconsommation de produits transformés entraînant la hausse de l'obésité mondiale, des maladies cardiovasculaires et des cancers. Comme l'ensemble de l'économie, le système alimentaire est touché actuellement par la diffusion des techniques numériques : robotisation, internet des objets, objets connectés, *big data*. La technique des *blockchains* y trouve également un champ d'application favorable car le système alimentaire s'est inséré, depuis les années 1980, dans les chaînes de valeur globales et que l'enjeu de la traçabilité des produits et de la possibilité de renforcer la capacité de preuve et allégations dans le cadre de la stratégie RSE des entreprises favorise sa diffusion. Ces techniques sont censées constituer une nouvelle révolution industrielle faisant évoluer les systèmes productifs vers des systèmes dits 4.0. Leurs promoteurs leur attribuent également une capacité à remédier aux limites de soutenabilité, en particulier environnementales. L'objectif de l'article est d'analyser leur diffusion dans le système alimentaire et leurs effets. Sont-elles réellement en capacité de remédier aux enjeux de soutenabilité, ou au contraire, ne vont-elles pas contribuer à bloquer l'émergence de trajectoires alternatives en renforçant la trajectoire du système actuel et en créant des effets de verrouillage sociotechnique ?

**ABSTRACT.** The current food system is reaching its limits of economic, environmental and social sustainability. It has a high environmental impact, contributing to more than a third of global greenhouse gas emissions. It also has social consequences on the health of consumers, due to the over-consumption of processed products, which leads to an increase in global obesity, cardiovascular diseases and cancers. Like the entire economy, the food system is currently affected by the spread of digital techniques, i.e. robotization, the internet of things, connected objects, big data. The blockchain technique is also finding a favorable field of application because the food system has, since the 1980s, been part of global value chains. The issue of product traceability and the possibility of strengthening our ability to provide proof for claims, as part of the corporate social responsibility strategy of companies, favor its diffusion. These techniques are meant to bring about a new industrial revolution, allowing production systems to evolve into so-called 4.0 systems. Their promoters also attribute to them an ability to remedy the limits of sustainability, in particular environmental ones. The objective of this article is to analyze their diffusion in the food system and their effects. Are they really able to fix sustainability issues or, on the contrary, will they contribute to blocking the emergence of alternative trajectories, by reinforcing the trajectory of the current system and by creating socio-technical lock-in effects?

**MOTS-CLÉS.** Numérisation, système alimentaire, transition.

**KEYWORDS.** Digitalization, food system, transition.

## Introduction

[MAL 94] définit le système alimentaire comme « *la manière dont les populations s'organisent dans le temps et dans l'espace pour accéder à l'alimentation* ». Cette organisation fait intervenir un ensemble d'acteurs : producteurs agricoles, négociants en matières premières agricoles, transformateurs, distributeurs, logisticiens et consommateurs [RAS 10]. [LAM 12] inclue également les acteurs publics nationaux et internationaux régulant les acteurs privés.

Le système alimentaire mondial atteint des limites de soutenabilité économique, environnementale, mais également sociale. En effet, le partage de la valeur ajoutée entre les acteurs de la chaîne défavorise les petits producteurs, entreprises et artisans commerçants [CLA 17] et le système alimentaire contribue à plus du tiers des émissions de GES totale [FAO 21]. Du point de

vue social, la surconsommation de produits transformés est à l'origine de la hausse mondiale de l'obésité et du développement des maladies cardio-vasculaires [SRO 19] et des cancers [MON 18].

Pour leurs promoteurs, la diffusion des techniques numériques est supposée remédier à certaines limites du système actuel, en particulier permettre de mieux nourrir la population mondiale [FAO 20], mais aussi contribuer à réduire leur impact environnemental. Pour certains, ces techniques permettraient même la mise en œuvre de l'économie circulaire [AWA 20] et de la réduction du gaspillage [REJ 21]. Les impacts sociaux sont par contre pour le moment beaucoup moins analysés, sauf à travers l'impact de la diffusion des pratiques de *self quantification* sur les individus [DEM 17].

Si la plupart des observateurs constatent une diffusion du numérique dans le système alimentaire, son appréhension se révèle délicate car il recouvre un très grand nombre de techniques. La plupart des institutions internationales [WOR 19], [FAO 20] et des chercheurs qui l'analysent s'appuient sur une liste plus ou moins longue de ces techniques, les plus citées étant la robotisation, la *blockchain*, l'internet des objets, les avancées dans le traitement des *big data*, les techniques RFID (*radio frequency identification*), la géo-localisation et l'intelligence artificielle [KLE 19], [REJ 21]. Toutefois cette dernière technique, si elle est abondamment citée dans la littérature, n'est pas pour le moment diffusée, elle ne constitue donc pas encore une innovation et nous n'en traiterons pas dans la suite de l'article.

La plupart des travaux s'intéressent pour le moment davantage à la diffusion de ces techniques qu'à leurs effets sur les activités de production qu'elles contribuent à faire évoluer vers des systèmes centrés sur le traitement de grandes masses de données inaccessibles jusqu'à présent, particulièrement dans le secteur agricole, mais aussi des données de consommateurs [BEL 22]. Cette production de données devient utilisable car les capacités de stockage et de traitement (en particulier la modélisation) évoluent en parallèle, ainsi que la connectivité et les interfaces d'échange de données qui se sont développées. Enfin, selon les auteurs, ces techniques s'appuient sur un levier qui était déjà existant : la robotisation.

L'objectif de l'article est d'analyser la diffusion des innovations liées aux techniques numériques dans le système alimentaire, ce qui fera l'objet de la première partie, et d'en montrer les enjeux du point de vue de sa soutenabilité économique et environnementale, ce qui sera abordé dans la seconde partie.

## 1. Un système alimentaire 4.0 ?

Cette première partie va aborder la diffusion des innovations numériques dans le système alimentaire en partant des innovations dans le secteur agricole, puis dans les IAA, la distribution, la *supply chain* et la consommation. Dans un second temps, nous verrons qu'il y a une diffusion d'innovations numériques également dans les systèmes alternatifs comme les circuits courts qui présentent certaines spécificités. Cette diffusion des techniques fait-elle évoluer le système vers ce qui serait un système alimentaire 4.0 ?

### 1.1. La diffusion des techniques numériques dans le système alimentaire

Au niveau agricole, la diffusion des techniques numériques vise à faire entrer les exploitations dans le domaine de l'agriculture de précision. Celle-ci a pour objectif d'aider les agriculteurs à optimiser leur prise de décision par rapport à la gestion de leur exploitation en agrégeant un ensemble de données variées liées à la conduite technico-économique de l'exploitation [KLE 19]. Cette aide à la décision doit mener à une triple performance : amélioration des revenus par économie de coûts et meilleure insertion sur les marchés de produits agricoles permettant des hausses de prix de vente, performance environnementale car les traitements phyto-sanitaires sont utilisés de manière optimisés (appliquer la « juste » dose au bon moment) et performance sociale par amélioration des

conditions de travail. Les techniques numériques les plus utilisées sont les capteurs et / ou les drones pour collecter l'information nécessaire à la prise de décision, des applications logicielles d'aide à la décision et de transmission des informations sur les cours de marché de matière première et des robots visant à automatiser en partie les activités d'alimentation et traite du troupeau et de conduite automatisée des engins agricoles.

Au niveau de l'industrie, l'objectif de l'industrie agroalimentaire 4.0 est de pouvoir produire des séries de très petite taille, voire des produits quasi personnalisés au même coût que la production de masse [KOH 16]. La chaîne de production fonctionne à partir de modules qui sont fabriqués par des entreprises différentes. Le produit transmet des informations à la chaîne qui est reprogrammée automatiquement pour effectuer l'opération qui doit être réalisée. L'automatisation est renforcée et surtout, les chaînes de valeur sont interconnectées, le client peut donc suivre en temps réel l'élaboration des produits par le fournisseur.

Au niveau de la distribution, ce sont l'automatisation de la gestion des entrepôts<sup>1</sup> qui se renforcent et des innovations liées à l'utilisation de la réalité augmentée pour former les opérateurs [FON 21]. Amazon a été également pionnier dans la sélection automatisée (via des *chatbots*) des fournisseurs. Cette innovation se diffuse également. Au niveau des distributeurs de détail, l'essor du e-commerce alimentaire modifie l'organisation de la distribution en hybridant les canaux physiques et virtuels, mais surtout il a favorisé l'entrée de concurrents externes au secteur : des gestionnaires de plateforme comme Amazon Fresh ou Alibaba qui sont des intermédiaires de commerce sans aucun lien avec les produits physiques.

Pour les consommateurs, les innovations les plus diffusées concernent les applications destinées à fournir des informations permettant de faciliter l'aide à la décision par rapport au choix de produits alimentaires en comparant leurs caractéristiques (comme Yuka ou Open food facts) ou visant à limiter le gaspillage alimentaire (comme Phenix ou Too good to go)<sup>2</sup>. Mais les objets connectés se développent également comme les réfrigérateurs indiquant l'état des stocks au consommateur et suggérant des listes de courses basées sur les achats antérieurs effectués, ou les appareils électroménagers automatisés comme les machines à pain<sup>3</sup>.

Les techniques citées précédemment : capteurs, robotisation, objets connectés, peuvent être utilisées indépendamment les unes des autres mais les acteurs actuellement dominants dans le système alimentaire - la distribution et les négociants en matière première agricole [CLA 17] - sont en train de modifier l'organisation de la *supply chain* en les mobilisant de manière systémique [FON 21] par une connexion à la *blockchain*. La technique *blockchain* permettrait de « constituer des registres transparents et distribués enregistrant l'ensemble des informations utiles aux utilisateurs » [HAR 19]. Le système de vérification des données permet d'assurer leur fiabilité, et la décentralisation assure leur inaltérabilité, ce qui offrirait des garanties importantes de sécurité aux utilisateurs. La distribution, qui est le donneur d'ordre principal dans des filières quasi intégrées, commence à mobiliser ce système pour ses approvisionnements. Les avantages sont doubles : garantir la sécurité des transactions et renforcer la capacité des entreprises à prouver leurs allégations sanitaires ou leurs engagements RSE. Les transactions sont réalisées de manière sécurisée et si la *blockchain* est complétée par des *smart contracts*, elles peuvent être exécutées de manière automatique. La sélection de la meilleure offre fournisseur peut également être automatisée.

---

Voir ce site présentant l'organisation d'un entrepôt Carrefour, <https://www.usine-digitale.fr/article/plongee-au-c-ur-d-un-entrepot-carrefour-robotise-par-la-start-up-exotec.N1083194>

<sup>2</sup> Il s'agit d'exemples, ce type d'application ayant connu une augmentation importante.

<sup>3</sup> De nombreux projets sont en cours : par exemple un détecteur de gluten ou une oreillette connectée permettant de « compter » en direct les calories consommées, <https://technplay.com/5-meilleurs-objets-connectes-alimentation-saine/>

L'usage de la *blockchain* permettrait d'assurer la traçabilité des produits alimentaires de manière optimisée et de réduire le gaspillage des produits alimentaires [AME 21], [CEP 19] : En cas d'incidents sanitaires, seuls les produits directement concernés seraient retirés de la vente (et non l'ensemble des lots). Enfin, il permet de mieux justifier ses allégations en fournissant une information aux consommateurs (*via* des QR codes) sur les techniques de production utilisées permettant ainsi de justifier les stratégies RSE des entreprises et de faciliter la construction de la confiance des consommateurs dans les informations fournies. Des expériences de logistique automatisée incluant le remplissage automatique des formulaires douaniers pour l'exportation ainsi que le transport automatisé des produits (en bateau et en camion) ont également été tentées par Louis Dreyfus, un des principaux négociants mondiaux de matière première agricole [FON 21]. Le développement de la *blockchain* pour les usages de garantie est ainsi susceptible de renforcer l'interdépendance des acteurs des systèmes *via* les relations clients-fournisseurs. Les donneurs d'ordre sont en position de diffuser ces innovations techniques chez leurs fournisseurs et ainsi d'en étendre l'adoption.

Les techniques numériques se développent également en partie dans les systèmes alternatifs comme les circuits courts. Toutefois, les travaux sur cette question sont beaucoup moins nombreux que ceux concernant le système dominant [MAR 19a]. Les techniques numériques étudiées sont intermédiaires entre des usages domestiques (sites internet, réseaux sociaux) et des usages professionnels (applications et logiciels de gestion de commande et de stock). Toutefois, on constate dans les circuits courts la même émergence des plateformes de e-commerce que dans le système dominant, la plus ancienne étant *La ruche qui dit oui*. Les conséquences risquent alors d'être identiques dans les deux cas (voir la seconde partie). Une des spécificités des systèmes alternatifs concerne toutefois un recours plus fréquent à des modes d'organisation collaborative entre producteurs et consommateurs par rapport aux plateformes du système dominant qui sont des entreprises privées.

## 1.2. Le système alimentaire "4.0" est encore en émergence

Si la plupart des auteurs insistent sur les potentialités des techniques, voire sur leur effet disruptif dans l'organisation du système alimentaire [AGR 20], peu de travaux mesurent leur diffusion réelle. Les rares données disponibles suggèrent que ces innovations en sont plus au stade de l'adoption par les innovateurs pionniers qu'à celui d'une diffusion généralisée. Par exemple dans le secteur agricole en France, les robots sont essentiellement diffusés dans les exploitations spécialisées en élevage mais équipaient seulement 10 % des exploitations laitières en 2018 pour un total de 9000 robots [DJA 22]. Toutefois, lors du renouvellement des équipements, 70 % de exploitants s'équipent, ce qui indique une croissance rapide de la diffusion. L'équipement en grande culture est plus faible (150 robots) et quelques dizaines en culture maraîchère et viticulture (*ibidem*). Il faut de plus remarquer que des innovations numériques peuvent être incorporées aux machines agricoles sans être utilisées par les exploitants. Les auteurs rappellent ainsi que « *la totalité des moissonneuses batteuses sont équipées de capteurs de rendement, mais que 20 % seulement des agriculteurs les utilisent pour produire des cartes de rendement, et que cette part se réduit ensuite à 5 % d'exploitants qui vont jusque à l'utilisation de ces cartes comme aide à la décision pour optimiser l'usage des fertilisants* ».

Le *smart manufacturing* est encore peu présent en industrie [WAV 22], le contexte de Covid-19 puis de guerre en Ukraine et d'inflation ayant freiné les projets d'investissements des industriels, ce type de technique nécessitant des investissements initiaux élevés. Mais au-delà des verrous financiers, le frein principal reste le manque de standards existants qui peut désinciter les entreprises à adopter ces techniques. L'ANRT propose d'ailleurs en 2021 un plan de développement visant à régler ce problème de standard.

Amazon a été pionnier dans l'automatisation des entrepôts, mais cette innovation semble se diffuser assez rapidement dans le secteur de la distribution alimentaire, Monoprix, Système U et

Leclerc les ayant mis en place. La *blockchain* semble être l'innovation ayant la capacité potentielle d'enrôlement des acteurs la plus importante. Toutefois, pour le moment, sa diffusion pourrait être freinée par des questions de capacité de changement d'échelle. Le réseau bitcoin, qui est la principale application de la technologie *blockchain*, ne traite que quelques dizaines d'opérations par seconde, alors que les opérateurs de cartes bancaires sont en capacité de proposer des systèmes sécurisés permettant de réaliser plusieurs milliers de transactions par seconde [TOL 18].

Le système alimentaire 4.0 est donc encore en émergence en France avec des entreprises pionnières dans l'adoption de ces techniques, essentiellement les grands donneurs d'ordre de la distribution ou des grands groupes de négoce de matières premières ou agroalimentaires. Toutefois, ces acteurs ont une capacité d'enrôlement de leurs fournisseurs dans ces techniques, ce qui pourrait entraîner leur diffusion assez rapide à moyen terme. Leur adoption est par contre beaucoup moins développée dans les PME et TPE indépendantes. Ces techniques introduisent-elles une rupture importante ou s'intègrent-elles dans le paradigme dominant du fonctionnement du système alimentaire ? Quels sont les enjeux dont elles sont porteuses ?

## 2. Enjeux liés à la diffusion des techniques numériques

### 2.1. Enjeux économiques

Les enjeux économiques de la diffusion sont de deux ordres : une modification du fonctionnement du système existant et un impact plus important de modification en profondeur du fonctionnement même du système en le recentrant sur le marché des données.

Au niveau du fonctionnement du système, on constate, comme c'est le cas pour toutes les innovations de *process*, une évolution des conditions de travail, du contenu des métiers et un risque de hausse du chômage. La robotisation est souvent justifiée par la réduction de la pénibilité des tâches ou la suppression des tâches répétitives. Or elle a pu aussi conduire à une très forte intensification du travail : l'introduction de robots dans les entrepôts d'Amazon a ainsi produit un renforcement du rythme de travail humain obligé à se coordonner avec celui des robots. Les préparateurs de commande ont dû passer du traitement de 100 objets par heure à 400 [HER 20], ce qui a augmenté le nombre d'accidents du travail. En plus d'une possible dégradation des conditions de travail, ces techniques sont susceptibles d'affecter le contenu et le sens du travail. C'est au niveau de la production agricole que les évolutions les plus importantes risquent de se produire, l'agriculture de précision faisant passer le travail agricole d'un travail centré sur l'observation en extérieur du terrain et surtout d'un travail avec le vivant à un métier "de bureau" fondé sur le traitement de données [THA 19].

La diffusion des techniques numériques fondées sur l'automatisation induit, comme toutes les révolutions industrielles précédentes, un risque de chômage. Toutefois, ces techniques pourraient produire un chômage plus massif à la fois sur les emplois peu qualifiés, mais aussi sur un bon nombre d'emplois qualifiés. En agriculture le risque concerne essentiellement la main d'œuvre salariée et peu qualifiée dans le reste du système, les emplois de chauffeurs routiers et de préparateurs de commande seraient concernés. La *blockchain* permet potentiellement l'automatisation des emplois d'acheteurs en centrales d'achat, mais elle a aussi un potentiel de suppression de l'ensemble des emplois dévolus aux tiers de confiance [TOL 18] visant à assurer la certification des produits (entreprises de certifications) ou celle des droits de propriété (emplois des notaires).

Au niveau du fonctionnement des systèmes existants, le numérique risque d'induire une intensification de la concurrence et une hausse de la concentration des acteurs. La distribution et le secteur des intrants connaissent cette intensification de la concurrence du fait de l'entrée de nouveaux acteurs. En distribution, nous avons vu plus haut le rôle de l'entrée d'acteurs comme les

gestionnaires de plateforme de e-commerce, dont le cœur de métier est la logistique. Ces acteurs sont des intermédiaires de commerce purs qui livrent les produits mais ne les élaborent pas contrairement à la grande distribution qui s'est impliquée depuis les années 1970 dans l'élaboration de marques distributeurs et dans la constitution de filières quasi intégrées qui ancrent ces acteurs dans les activités de production alimentaire. D'autre part, des entreprises comme les GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft) qui fournissent des solutions logicielles ou des applications aux acteurs de la chaîne entrent également dans le système. Il s'agit à la fois de grandes entreprises informatiques comme IBM qui a par exemple développé une solution spéciale pour assurer la traçabilité dans le système alimentaire (IBM Trust), mais aussi d'un certain nombre de *start-up* dont beaucoup sont présentes en France sur le marché des logiciels d'aide à la décision en agriculture. Ces nouveaux acteurs captent une part de la valeur produite dans le système alimentaire. Or cette entrée d'acteurs est pour le moment favorable aux grandes entreprises américaines et chinoises, ce qui induit un risque potentiel de dépendance aux entreprises étrangères du numérique, mais aussi une captation de valeurs par ces entreprises étrangères.

Cette intensification de la concurrence a eu pour conséquence une augmentation de la pression sur les fournisseurs industriels et les producteurs agricoles lors des négociations commerciales, accentuant les tensions sur la répartition de la valeur entre les acteurs de la chaîne au détriment des producteurs agricoles en particulier [MOO 18].

La concentration économique s'est également progressivement renforcée sur tous les maillons du système alimentaire suite à l'émergence du marché des *big datas*. Le secteur des fournisseurs d'intrants est également spécifiquement concerné. Entre 2015 et 2018, une vague de fusions a eu lieu dans ce secteur: celles entre Dow et Dupont (agrochimie), le rachat de Monsanto par Bayer et le rachat de Syngenta par ChemChina's ont abouti à ce que les nouvelles entreprises détiennent 70 % de parts de marché [MOO 17]. Ce renforcement des positions dominantes fait peser un véritable risque d'éviction des petits producteurs agricoles qui assurent pourtant au moins 56 % de la production nécessaire à la garantie de la sécurité alimentaire mondiale [FAO 14].

Le rôle de l'information comme ressource centrale n'est pas nouveau mais les innovations techniques actuelles induisent deux ruptures : une accélération des flux d'informations qui sont maintenant mobilisables quasiment en continu, ce qui tend à rapprocher des marchés de produit du fonctionnement des marchés monétaires, et un changement d'échelle dans la masse d'informations mobilisables dans les systèmes avec le développement des *big data*.

L'émergence du marché des *big data* pose la question de la définition des acteurs qui obtiennent l'attribution légale des droits de propriété sur les données, alors qu'elles deviennent des ressources productives. L'attribution des droits de propriété conditionne la capacité d'extraire de la valeur économique de cette nouvelle ressource qui, pour le moment, est principalement produite par les producteurs agricoles, comme un "co-produit" de l'agriculture de précision et par les consommateurs qui utilisent des objets connectés. Aujourd'hui, le droit reconnaît les données agrégées et retravaillées comme des biens excluables, mais non les données brutes fournies dans le cadre de l'agriculture de précision par les drones ou les capteurs. En effet, ces données sont considérées comme des données produites par la Nature donc non appropriables de manière privative. Les droits de propriété sont alors exclusivement attribués aux entreprises (généralement les fournisseurs d'intrants et de logiciels) qui retravaillent ces ensembles de données brutes. Les accords d'utilisation fournis par les entreprises aux producteurs spécifient qu'ils restent propriétaire de leurs données individuelles, mais qu'ils perdent le contrôle sur l'usage qui peut être fait de ces données quand elles sont agrégées dans une base de données avec celles d'autres producteurs [KOS 19]. Les récentes régulations concernant l'usage des données individuelles (comme la RGPD en France depuis 2018) ne donnent que peu de moyens supplémentaires de protection de leurs données aux producteurs. De plus, le temps nécessaire pour mettre en œuvre cette démarche de protection de leurs données peut être un facteur de non-activation de ces droits [TOM 18]. Il en est de même pour

les consommateurs qui non seulement ne sont pas toujours conscients de leurs droits mais vont parfois jusqu'à la divulgation volontaire d'information dans le cadre des activités de *self quantification*.

De plus, au delà de l'exclusion de l'usage de la ressource des données, les producteurs peuvent également se retrouver expropriés de l'usage de leurs ressources de production, en particulier les semences, ce qui peut se produire si les entreprises agrègent des informations numériques liées au génome des plantes [NYE 19]. Les techniques de numérisation de l'information génétique contenue dans les semences accentuent ainsi le mouvement de privatisation de cette ressource déclenché par l'invention des OGM, ce qui conduit de nouveau à créer un risque pour la sécurité alimentaire mondiale.

La régulation institutionnelle des marchés des données est ainsi très favorable aux entreprises pour le moment, ce qui induit des risques pour le système alimentaire mondial qui pourraient être mieux régulés en développant des modes de gestion des données recourant à des « communs ».

Les enjeux de sécurité du fonctionnement des échanges sont le plus souvent pensés comme un problème technique en voie de résolution rapide, les promoteurs de la *blockchain* affirmant même que les échanges sont parfaitement sécurisés du fait de la décentralisation des données et de leur redondance sur différents ordinateurs [HAR 19]. Or la cybersécurité reste un enjeu majeur pour les acteurs, mais très peu abordé par les institutions [FAO 20], [JOU 19], [WOR 19] qui s'inquiètent plus des risques pour les États en terme de développement d'activités illégales et d'évasion fiscale que des risques liés à la protection des données. Quand ceux-ci sont évoqués, il s'agit essentiellement des risques liés à la protection des données individuelles des consommateurs, mais non des risques pour les entreprises. Certaines revues de littérature n'en traitent pas du tout non plus [KLE 19], [REJ 21], même les articles concernant les aspects juridiques et légaux des techniques numériques abordent le problème assez rapidement [KOS 20]. Pourtant, les récentes attaques concernant le secteur public – établissements d'enseignement et de santé – montrent la vulnérabilité des organisations par rapport à ce risque.

## 2.2. Enjeux environnementaux

Les enjeux environnementaux liés à la diffusion des techniques numériques ne sont pas tous spécifiques au système alimentaire. L'impact environnemental du numérique est actuellement assez largement sous-estimé, les auteurs participant au *shift project* le qualifient d'ailleurs « *de la face cachée bien sombre du numérique* » [FER 19]. Il est le plus importants au stade de la production. Un *smartphone* contient en moyenne une cinquantaine de métaux différents [MAR 19b], or l'activité d'extraction minière est la phase la plus polluante du cycle de vie du *smartphone*. Elle impacte la qualité de l'air, de l'eau et des sols [SYS 21] ce qui entraîne des effets externes de transmission des pollutions aux activités agricoles [BAM 13]. Ces pollutions ont lieu essentiellement dans les PVD [SYS 21], à la fois car il existe une concentration géographique forte de certains métaux (60 % des terres rares sont localisées sur un seul site minier chinois ; 60 % du cobalt est localisé sur un seul site en République démocratique du Congo), mais également car même si les métaux sont, dans certains cas, présents dans les pays développés, le niveau de pollution de l'extraction n'est pas jugé socialement acceptable et la pollution liée à l'extraction est alors "exportée" vers les PVD.

De plus, la concentration de métal dans la plupart des minerais est décroissante. Ainsi, « *il faut actuellement extraire une tonne de minerai pour produire 7 kg de cuivre contre 240 kg en 1900* » [MAR 19b]. Le système alimentaire, s'il s'engage dans une diffusion accrue des innovations numériques, va contribuer à la pollution et à l'épuisement des ressources dans la phase de production. Ce sera particulièrement le cas si la *blockchain* se généralise car elle risque d'avoir un effet de croissance exponentielle de la demande d'objets connectés. Son développement nécessiterait d'utiliser des capteurs connectés sur chaque produit individuellement ainsi que sur chaque animal d'élevage (dans les filières viande).

Les métaux utilisés pour le numérique sont déjà en voie relative d'épuisement, or une partie est également utilisée pour développer les panneaux photovoltaïques. Une croissance de l'utilisation du numérique dans le système alimentaire pour développer l'agriculture de précision ou les *blockchains* pourrait ainsi, en l'absence de régulation, obérer la possibilité de mener à bien la transition énergétique via le développement des énergies renouvelables.

Les chaînes d'approvisionnement ont un impact environnemental, mais elles ont également un impact social fort. Les métaux devenant une matière première source de rente économique, des conflits armés pour le contrôle des gisements se développent, comme cela a été le cas pour le tantale en République démocratique du Congo. Le tungstène ou l'étain sont également identifiés comme à risque de provenir de zones de conflits ou à risque de conflits. L'OCDE a rédigé un premier guide en 2016, incitant les entreprises clientes au devoir de vigilance envers leurs fournisseurs sur l'origine des métaux utilisés, qui souligne que dans les zones de conflits, les groupes armés contrôlant les ressources sont susceptibles de recourir au travail forcé y compris des enfants et à l'exploitation des travailleurs, [OCD 16] aux exactions ou à la torture [FOR 17]. Quand ce sont les forces de sécurité nationales qui sont présentes, l'OCDE souligne également le risque de corruption et de déstabilisation des institutions nationales. Le règlement européen (UE) 2017/821 vise à faire appliquer le devoir de vigilance par les états membres. Toutefois, il ne s'agit que d'objectifs à atteindre par les clients, fondés sur la base d'une certification de la traçabilité des opérations et des transactions. Ce règlement ne concerne que l'importation des minerais bruts alors que l'Union Européenne importe essentiellement des composants (semi-conducteurs en particulier) pour lesquels les opérateurs n'ont pas d'objectifs à respecter. La régulation du secteur reste donc très légère, en lien avec la dépendance forte de l'Union vis-à-vis de ces matières premières. La création de filières équitables de production de smartphones par les opérateurs comme Fairphone, ne paraît pas vraiment en mesure de mieux contrôler les chaînes d'approvisionnement [DEL 22].

### **2.3. Rôle des États et des institutions internationales dans le soutien aux transitions**

Jusqu'à présent, les États ont été en relative incapacité de réguler les transitions, en particulier la transition numérique, vers plus de sobriété qui serait pourtant nécessaire [FER 19] et ce à cause des difficultés techniques (le développement des nouvelles techniques repose sur une décentralisation des données produites qui deviennent plus difficiles à contrôler), mais surtout de difficultés institutionnelles : ces techniques favorisent également une extension des chaînes de valeur globales qui étaient déjà non régulées avant leur introduction [CLA 17]. Le développement de ces nouvelles techniques pose d'emblée la question de la capacité de les réguler à un niveau international, ce qui nécessiterait des institutions internationales dotées de pouvoirs de contrôle qui n'existent pas actuellement. La proposition de la FAO [FAO 20] de créer un conseil du numérique ne sera pas en capacité de gérer cet enjeu puisque il ne serait pas doté de pouvoirs de régulation des opérateurs. Les tentatives de régulation par la création de "communs" informationnels ont surtout été développées au niveau national et expérimentées par des acteurs alternatifs (entreprises de l'ESS utilisant l'économie collaborative par exemple) ou en marge (communautés autochtones en Amazonie).

De plus pour le moment, l'objectif des acteurs publics a moins été de réguler les nouveaux marchés des données que de favoriser le développement de l'innovation numérique dans une perspective assez classique de soutien de la compétitivité des entreprises. En France, le secteur du numérique a été subventionné à la fois par des politiques sectorielles via la création d'une agence spécifique en 2015 - l'Agence du numérique - qui a contribué à financer l'écosystème d'innovation de la *French Tech*, mais également par des politiques thématiques comme le plan France Relance qui poursuit les trois objectifs de mise en œuvre de la transition écologique, de la compétitivité et de la cohésion sociale [GOU 20].

Soutenir financièrement à la fois des entreprises dans une optique de compétitivité et le système alimentaire dans un objectif de transition agroécologique pose question : les deux objectifs sont-ils compatibles ? Le développement du numérique contribue à accentuer les effets de pollution et

d'émission de GES et accentue le réchauffement climatique [MAR 19b]. Or le réchauffement climatique va impacter fortement la capacité du système alimentaire à nourrir l'humanité à l'avenir [GIE 20]. Le développement de la trajectoire numérique est ainsi susceptible de ne pas permettre l'émergence des autres types de trajectoires possibles pour le système alimentaire, trajectoires fondées sur les circuits courts et l'agroécologie, du fait de la concentration des acteurs qu'elle produit et du risque d'éviction des petits producteurs qui nourrissent encore la majeure partie de la population mondiale. En ce sens, le soutien à la trajectoire actuelle de développement du numérique fait peser un véritable risque sur l'avenir de la production alimentaire mondiale.

Enfin France Relance fait peser la responsabilité principale de changement de trajectoire et d'« écologisation » principalement sur les acteurs de l'économie sociale et solidaire et semble exonérer les entreprises privées de l'effort de transition alors qu'elles ont façonné le système dominant. La transition alimentaire ne pourra se faire sans la contribution des acteurs dominants dans le système

## Conclusion

La diffusion des techniques numériques place les sociétés à la croisée des chemins entre deux modèles possibles de système alimentaire : d'un côté un système fondé sur une alimentation ultra transformée sans lien avec la production agricole, les petits producteurs ayant été évincés du système par la diffusion des techniques numériques, de l'autre un retour à des systèmes alimentaires reposant sur le lien avec la production agricole réorientée vers des systèmes de qualité. La population mondiale risque d'être privée de ce choix, car il ne fait encore que très peu partie des enjeux mis à l'agenda politique des dirigeants actuels et faute d'une capacité de régulation des grandes firmes privées présentes dans le système alimentaire, régulation qui ne pourrait être qu'internationale. Elle pourrait pourtant prendre appui sur la déclaration universelle des droits de l'homme de 1948 (art. 25) qui garantit en principe le droit à l'alimentation comme un droit fondamental de la personne humaine<sup>4</sup> [DES 14]. Il est plus que temps de revendiquer la garantie de ce droit associé à la « réalisation d'une existence pleinement humaine ». Et ce d'autant que l'impréparation actuelle face au changement climatique pourrait mettre le système alimentaire encore plus en tension, augmentant les difficultés de choix futurs pour les sociétés.

## Bibliographie

- [AGR 20] Agro media, La blockchain va t'elle révolutionner l'industrie agro alimentaire, 2020.  
<https://www.agro-media.fr/dossier/process/la-blockchain-va-t-elle-revolutionner-lagroalimentaire>
- [ANR 21] Agence Nationale de la recherche Technologique, Vers le smart manufacturing, proposition d'un plan national, Cahiers Futuris, 24 p.
- [AME 21] Amentae, T. K., & Gebresenbet G., Digitalization and future agro-food supply chain management : A literature-based implications, *Sustainability*, 13(21), 2021.
- [AWA 21] AWAN, U., SROUFE, R., & SHAHBAZ M., "Industry 4.0 and the circular economy : A literature review and recommendations for future research", *Business Strategy and the Environment*, 30(4), 2038-2060, 2021.
- [BAM 13] BAMBA O., PELEDE S., SAKO A., KAGAMBEGA N., MININGOU M.-Y., « Impact de l'artisanat minier sur les sols d'un environnement agricole aménagé au Burkina Faso », *Journal des sciences*, 13(1), 1-1, 2013.
- [BEL 22] BELLON-MAUREL V., BROSSARD L., GARCIA F., MITTON M., TERMIER A., « Agriculture et numérique : tirer le meilleur du numérique pour contribuer à la transition vers des agricultures et des systèmes alimentaires durables », INRIA, pp.1-195, 2022.

---

<sup>4</sup> Ce droit a été intégré dans le Pacte international relatifs aux droits économiques, culturels et sociaux (1966). Ce droit impose aux États l'obligation de fournir une alimentation à leur population mais aussi de veiller au respect de ce droit au niveau international.

- [BOY 21] BOYER PH., « L'euro alimentaire : méthode et nouveaux résultats pour l'analyse de la répartition de la valeur dans la chaîne agroalimentaire en France », *Économie rurale*, 2021/ 4 (N° 378), p. 137-157, 2021.
- [CLA 17] CLAQUIN P., BIDAULT P., DEGOULET E., DERAM C., GASSIE J., HERAULT B., BARTHELEMY A., MARTIN A., « Mondalim 2030 : un regard prospectif sur les systèmes alimentaires », CEP, mars, 8 p., 2017
- [CYB 21] CYBERMALVEILLANCES.GOUV.FR, Rapport d'activité, 56 p., 2021.
- [DEL 22] DELEPINE J., « Fairphone : un smartphone peut-il être écolo ? », *Alternatives économiques* n° 427 (p.94-96), 2022
- [DES14] DE SCHUTTER, Rapport final au conseil des droits de l'homme, droit à l'alimentation facteur de changement, 22p. [http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20140310\\_finalreport\\_fr.pdf](http://www.srfood.org/images/stories/pdf/officialreports/20140310_finalreport_fr.pdf)
- [DEM 17] DE MOYA J.-F., PALLUD, J., « Quantified self : a literature review based on the funnel paradigm. » in *Proceedings of the 25th European Conference on Information Systems (ECIS)*, Guimarães, Portugal, June 5-10, 2017 (p. 1678-1694). ISBN 978-989-20-7655-3 Research Papers. [http://aisel.aisnet.org/ecis2017\\_rp/108](http://aisel.aisnet.org/ecis2017_rp/108)
- [DJA 22] DJAFOUR S., TISSEYRE B., « Déploiement du numérique en agriculture en France », in PIOT LEPETIT I., BELLON MAUREL L., (coords), *Agriculture numérique, Annales des mines*, 19, 157-163, 2022.
- [HAR 19] HARDELIN J, FORGET V, Les perspectives offertes par la blockchain en agriculture et agroalimentaire, CEP, 140, 4 p., 2019
- [FAO 14] FAO, Les agriculteurs familiaux : nourrir le monde préserver la planète, 4 p., 2014. <https://www.fao.org/3/mj760f/mj760f.pdf>
- [FAO 20] FAO, Realizing the potential of digitalization to improve the agri-food system : Proposing a new International Digital Council for Food and Agriculture. A concept note, Rome, 28 p., 2020.
- [FER 19] FERREBOEUF, H., « Pour une sobriété numérique », *Futuribles*, (2), 15-31, 2019.
- [FON 21] FONDATION CARASSO, Filières agricoles et alimentaires : enjeux et problématiques de la numérisation, 18 p., 2021, <https://www.fondationcarasso.org/alimentation-durable/decrypterlanumerisation>
- [FOR 17] FORESTIER P, « Du sang dans nos portables », *Special Investigation*, 2017, <https://vimeo.com/209079370>.
- [GER 16] GEREFFI G., FERNANDEZ-STARK K. (2016). Global value chain analysis: a primer, [https://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/12488/2016-07-28\\_GV](https://dukespace.lib.duke.edu/dspace/bitstream/handle/10161/12488/2016-07-28_GV)
- [GOU 20] GOUVERNEMENT, Dossier de presse France relance, 48 p., 2020. [https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions\\_services/plan-de-relance/dossier-presse-plan-relance.pdf](https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/plan-de-relance/dossier-presse-plan-relance.pdf)
- [GIE 22] GIEC, Changement climatique et terres émergées, 39 p, 2022. [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL\\_SPM\\_fr.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_fr.pdf)
- [IPE 17] IPES-FOOD, Too big to feed : Exploring the impacts of mega-mergers, concentration, concentration of power in the agri-food sector, 108 p. 2017.
- [JOU 19] JOUANJEAN M., “Digital Opportunities for Trade in the Agriculture and Food Sectors”, *OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers*, n° 122, OECD Publishing, Paris, 2019. <http://dx.doi.org/10.1787/91c40e07->
- [KLE 19] KLERKX L., JAKKU E., LABARTHE P., “A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda”, *NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences*, 90, 100315, 2019.
- [KOH 18] KOHLER D., WEISZ J.-D., « Industrie 4.0, une révolution industrielle et sociétale », *Futuribles*, 2018/3 (n° 424), p. 47-68, 2018.
- [KOS 20] KOSIOR K., “Economic, ethical and legal aspects of digitalization in the agri-food sector”, *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej/Problems of Agricultural Economics*, 2020.
- [LAM 12] LAMINE C. « Changer de système : une analyse des transitions vers l'agriculture biologique à l'échelle des systèmes agri-alimentaires territoriaux », *Terrains travaux*, (1), 139-1, 2012.
- [MAL 94] MALASSIS L., *Nourrir les hommes*, Flammarion, 1994.
- [MAR 19a] MARECHAL (Coord), Transition alimentaire citoyenne et TIC, étude TACTIC, 54p, 2019.
- [MAR 19b] MARQUET K., COMBAZ J., FRANCOISE-BERTHOUD F., « Introduction aux impacts environnementaux du numérique », *bulletin de La Société Informatique de France*, 1024, p.85-97, 2019.

- [MAZ 19] MAZAUD C., « La conception du métier pour comprendre l'appropriation du numérique par les agriculteurs », *Sciences Eaux & Territoires*, 29, 50-51, 2019.
- [MON 21] MONDEJAR M. E., AVTAR R., DIAZ H. L. B., DUBEY R. K., ESTEBAN J., GÓMEZ-MORALES A., GARCIA-SEGURA S., "Digitalization to achieve sustainable development goals : Steps towards a Smart Green Planet", *Science of the Total Environment*, 794, 148539, 2021.
- [MON 17] MONTEIRO CA, CANNON G, MOUBARAC JC, LEVY RB, LOUZADA MLC, JAIME PC., "The UN Decade of Nutrition, the NOVA food classification and the trouble with ultra-processing", *Public Health Nutr.*, 2018;21:5-17. <http://dx.doi.org/10.1017/S1368980017000234> .
- [MOO 18] MOONEY P., ETc group, Blocking the chain, 44p, 2018 ; [https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/blockingthechain\\_english\\_web.pdf](https://www.etcgroup.org/sites/www.etcgroup.org/files/files/blockingthechain_english_web.pdf)
- [NYE 19] NYELENI, La numérisation du système alimentaire, 37, sep, 6 p, 2019. [https://nyeleni.org/DOWNLOADS/newsletters/Nyeleni\\_Newsletter\\_Num\\_37\\_FR.pdf](https://nyeleni.org/DOWNLOADS/newsletters/Nyeleni_Newsletter_Num_37_FR.pdf)
- [OCD 16] OCDE, « Devoir de diligence pour des chaînes d'approvisionnement responsables en minerais provenant de zones de conflit ou à haut risque », Troisième édition, Éditions OCDE, Paris, 139 p., 2016.
- [ONU 21] ONU, Food system account for over one third of global greenhouse gas emission, <https://news.un.org/en/story/2021/03/1086822>
- [RAS 10] RASTOIN J. L., GHERSI G., *Le système alimentaire mondial : concepts et méthodes, analyses et dynamiques*, Éditions Quae, 2010.
- [REJ 21] REJEB A., REJEB K., ABDOLLAHI A., ZAILANI S., IRANMANESH M., GHOBAKHLOO M., "Digitalization in food supply chains : A bibliometric review and key-route main path analysis", *Sustainability*, 14(1), 83, 2021.
- [SRO 19] SROUR B., FEZEU L., KESSE-GUYOT E., ALLÈS B., MÉJEAN C., ANDRIANASOLO R., CHAZELAS E., DESCHASAUX M., HERCBERG S., GALAN P., MONTEIRO C., JULIA C., TOUVIER M., "Ultra-processed food intake and risk of cardiovascular disease : a prospective cohort", *StudyBritish Medical Journal*, BMJ 2019 ;365:l1451, 2019. <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.l1451>
- [SYS 21] SYSTEXT, Controverses minières : Pour en finir avec certaines contrevérités sur la mine et les filières minérales, 162 p., [https://www.systext.org/sites/all/documents/RP\\_SystExt\\_Controverses-Mine\\_VOLET-1\\_Nov2021\\_vf.pdf](https://www.systext.org/sites/all/documents/RP_SystExt_Controverses-Mine_VOLET-1_Nov2021_vf.pdf)
- [THA 19] THAREAU B., DANIEL, K. « Le numérique accompagne les mutations économiques et sociales de l'agriculture », *Sciences Eaux & Territoires pour tous*, (3), 44-49, 2019.
- [TOM 22] TOMASO L., « L'accès aux données agricoles les domaines d'intervention de la loi et des contrats », in PIOT LEPETIT I., BELLON-MAUREL L., (COORDS), Agriculture numérique, *Annales des mines*, 19, p.74-79, 2022.
- [TRA 20] Travailler au futur, (2020) <https://travailleraufutur.fr/amazon-et-tesla-les-hommes-subordonnes-aux-robots/>
- [TOL 18] TOLEDANO J., Les enjeux des blockchains, rapport France Stratégie, 150 p., 2018.
- [UE 17] UE, Règlement (UE) n° 910/2014 du parlement européen et du conseil du 23 juillet 2014 sur l'identification électronique et les services de confiance pour les transactions électroniques au sein du marché intérieur et abrogeant la directive 1999/93/CE., 2017.
- [WAW 22] WAVESTONE, L'industrie 4.0 à l'heure du plan de relance : espoirs ou désillusions, 18 p., 2022.
- [WOR 19] WORLD BANK GROUP, Future of food : harnessing digital technologies to improve outcomes of food system, 44p., 2019.