

Les perspectives offertes par la *blockchain* en agriculture et agroalimentaire

La *blockchain* est souvent présentée comme une technologie disruptive et prometteuse. Elle permettrait de constituer des registres transparents et décentralisés, capables d'enregistrer des informations de manière vérifiable, permanente et inaltérable, sans appel à des tiers de confiance. Révélée au grand public à travers les « cryptomonnaies », elle fait aujourd'hui l'objet de multiples expériences dans de nombreux domaines. Cette note expose les principes et le fonctionnement de cette technologie et décrit certaines de ses utilisations possibles en agriculture et alimentation.

Depuis quelques années, la *blockchain* est présentée dans les médias et la presse spécialisée comme une technologie révolutionnaire pour certains, ou seulement porteuse de fausses promesses pour d'autres. Elle aurait la capacité de garantir l'intégrité et la cohérence de bases de données de toutes natures, de façon décentralisée, rendant superflue l'appel à des tiers de confiance (organismes de certification, auditeurs, notaires, banques, etc.). Elle permettrait de constituer des registres transparents et distribués, capables d'enregistrer les informations utiles à leurs utilisateurs de manière vérifiable et inaltérable.

Révélée au grand public à travers le boom des « cryptomonnaies » (ex. *bitcoin*), qui constituent une de ses applications possibles, la *blockchain* fait aujourd'hui l'objet de multiples expériences pilotes dans de nombreux domaines. Elle trouve une application naturelle dans les chaînes d'approvisionnement agroalimentaires, confrontés à des défis de traçabilité, de sécurité sanitaire, de transparence des procédés de production et de transformation, et de confiance des consommateurs. D'autres applications pourraient concerner les secteurs agricole et alimentaire : assurance climatique, registres fonciers, etc.

Après avoir exposé le principe et le fonctionnement de la technologie *blockchain*, cette note présente ses principales utilisations possibles dans les secteurs agricole et

agroalimentaire, en s'appuyant sur des applications concrètes liées à la garantie de l'origine des produits. Enfin, elle fait le point sur ses limites et sur les débats qui l'entourent.

1 - Qu'est-ce que la *blockchain* ?

Il existe diverses définitions de la *blockchain*, en rapport avec la grande variété de ses applications. On peut faire une différence entre la technologie *blockchain* en général et les *blockchains*, qui correspondent à ses applications particulières¹.

Selon Blockchain France, la technologie *blockchain* peut se définir comme « une méthode ouverte et sécurisée de stockage et de distribution d'informations, qui fonctionne sans serveur central. Par extension (...) une base de données contenant les enregistrements de chaque transaction effectuée entre ses utilisateurs depuis sa création. Il s'agit d'une base de données sécurisée et distribuée qui est gérée par les différentes parties sans intermédiaire, permettant à chaque utilisateur de vérifier la validité de la chaîne² ». Assurer la confiance des utilisateurs par le biais d'un fonctionnement en réseau, partagé et décentralisé, rendant superflu le rôle traditionnel du tiers de confiance : telle est la promesse fondamentale de cette technologie. En pratique, elle résulte de la combinaison innovante de trois technologies détaillées dans l'encadré 1.

La *blockchain* ne fonctionne pas seule : elle a besoin d'un mode de gouvernance qui donne à ses utilisateurs le cadre, les règles et les incitations à participer collectivement au système et à le rendre efficace. On distingue trois grands types de *blockchains* : privées, publiques et hybrides (c'est-à-dire avec un degré intermédiaire d'ouverture) (tableau 1). Selon les cas, les incitations à participer aux systèmes peuvent être différentes. En résulte une grande diversité de protocoles *blockchains*, parmi lesquels on peut citer *Bitcoin* et *Dash* (qui sont aussi les noms des cryptomonnaies associées), *Ethereum* (sous-jacent de la cryptomonnaie *Ether*) ou encore *Hyperledger* (qui rassemble en réalité plusieurs protocoles)¹.

Les cryptomonnaies sont l'exemple le plus célèbre de *blockchains* publiques. Leur ouverture totale rend nécessaire un système d'incitations permettant d'aligner les intérêts privés des utilisateurs avec l'intérêt collectif du système. En l'occurrence, la phase de validation de la transaction est faite par plusieurs nœuds du réseau, appelés les « mineurs », qui vérifient sa conformité en résolvant un problème cryptographique complexe *ad hoc*, nécessitant une importante puissance de calcul. Lorsqu'un

1. Chaire AgroTIC, 2017, [Blockchain et agriculture. Comprendre, explorer, s'interroger.](#)

2. Blockchain France, 2015, [Qu'est-ce que la blockchain ?](#)

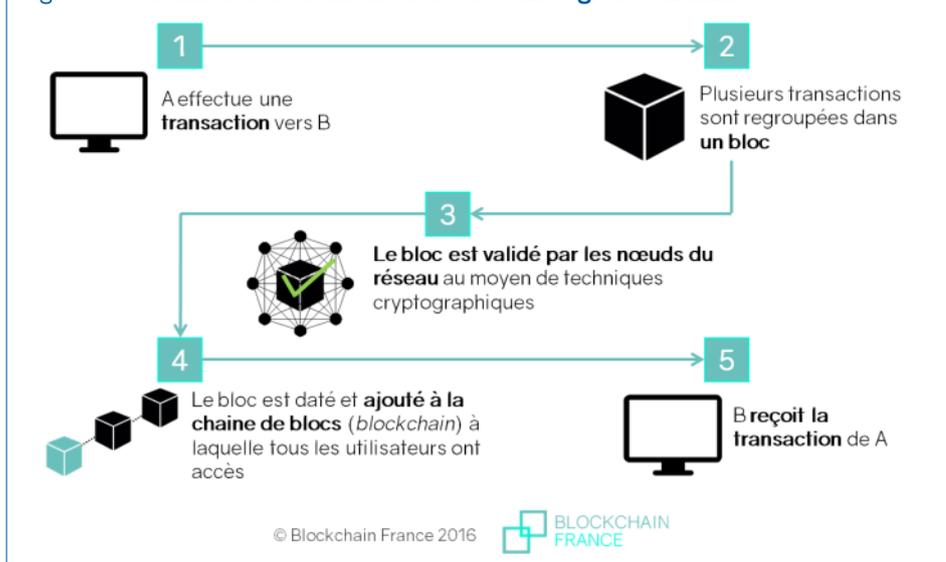
Encadré 1 - Les trois innovations sous-jacentes de la technologie *blockchain*^{1, 2, 3}

La première technologie qui fonde celle de la *blockchain* est le réseau pair-à-pair, qui permet le stockage de données dans de multiples ordinateurs constituant les *nœuds* (ex. le web (html)). Cette architecture réticulaire permet de réduire les risques de pertes de données liés à des incidents techniques ou des attaques informatiques.

La deuxième est la cryptographie, dont les avancées récentes permettent de créer plus facilement des « empreintes digitales » numériques uniques (les *hash*), pour des documents de toutes natures (photos, fichiers, etc.). En effet, stocker de multiples copies d'une base de données ne suffit pas : il s'agit de savoir lesquelles sont fidèles à la version « authentique ». Les *hash* sont produits par un algorithme qui part du codage binaire (suites de 0 et de 1) du fichier de base pour constituer un code unique. Toute modification du fichier de départ, même minime, change significativement le *hash*. Comparer ces codes stockés sur les différents nœuds du réseau permet facilement de vérifier la cohérence entre les copies. Il n'est pas nécessaire que les fichiers de départ soient visibles, ce qui assure leur confidentialité. Ces empreintes numériques permettent aussi de construire la « chaîne de blocs » (d'où le nom de *blockchain*) : lorsqu'une nouvelle information (un bloc) arrive – par ex. débarquement d'une cargaison d'aliments dans un port, transaction entre un acheteur et un vendeur – elle est ajoutée aux anciennes, qui ne peuvent pas être supprimées. Les nœuds du réseau valident alors le nouveau bloc par un *hash*, qui constitue un lien inaltérable et vérifiable entre les différentes informations (figure 1).

Enfin, toutes ces opérations ne seraient possibles sans les progrès immenses des puissances de calcul informatique observées ces deux dernières décennies.

Figure 1 - Schéma de fonctionnement de la technologie *blockchain*



Source : Blockchain France, 2015²

mineur déclare l'avoir résolu, tous les autres peuvent le vérifier (mécanisme dit de *Proof of Work*), avant qu'il ne touche une récompense en cryptomonnaie et que la transaction ne soit intégrée à un bloc. Assez rapidement, des mineurs isolés n'ont plus eu la capacité de résoudre ces défis mathématiques³. Ils se sont regroupés, jusqu'à former de grandes « fermes de minage », 80 % des opérations de minage étant aujourd'hui réalisées en Chine⁴.

En dehors des cryptomonnaies, la majeure partie des expérimentations relève plutôt des *blockchains* hybrides, voire purement privées, notamment pour ses applications en agriculture et alimentation. Le focus ancien sur les cryptomonnaies et leurs formes publiques particulières de gouvernance ne doit pas masquer la diversité des types de *blockchains* observée en pratique.

2 - Applications possibles de la technologie *blockchain* en agriculture et alimentation

Outil fondamental de désintermédiation, la *blockchain* réduit les coûts et fluidifie les échanges, ce qui ouvre un large éventail d'utilisations pour les secteurs agricole et agroalimentaire. Un premier domaine d'application est financier et logistique : les « contrats intelligents » (*smart contracts*) permettent aux utilisateurs de programmer à l'avance l'exécution d'une transaction de façon automatique, en fonction de critères prédéfinis (ex. versement d'une indemnité d'assurance récolte après vérification photographique envoyée par smartphone). Ces outils faciliteraient la gestion et réduiraient les frais bancaires et d'assurance.

La facilitation des transactions est un deuxième domaine d'application, notamment pour les certificats sanitaires et phytosanitaires

3. Buffet G, 2016, [Livre blanc. Anticiper le potentiel de disruption de la blockchain sur les organisations](#), Uchange.co.

4. Voir <https://www.blockchain.com/pools> et <https://www.buybitcoinworldwide.com/mining/pools/>.

Tableau 1 - Les types de *blockchains* : publiques, hybrides, privées

	Publique	Hybride	Privée
Vue d'ensemble	Complètement décentralisée - Entrées et sorties libres	Quasi-centralisé par un consortium d'entités - Entrées et sorties contrôlées	Centralisée par une entité unique (autorité centrale)
Permission requise	Non - Chacun peut participer, lire et écrire	Oui - Des entités privilégiées peuvent effectuer des modifications	Oui - Seule l'autorité centrale peut effectuer des modifications
Vérification des transactions	Par les nœuds du réseau (les mineurs)	Par le consortium	Par l'autorité centrale
Transparence	Totale - Nécessaire pour la vérifiabilité publique	Mixte - Le consortium établit les règles de transparence	Non transparent
Confidentialité	En conflit avec la transparence	Relativement facile à contrôler	Totale
Sécurité des transactions	Élevée - Immutabilité sécurisée par le minage (coûteux)	Dépend du coût de la vérification	Basse

Source : adapté de Ciaian P., 2018, « [Blockchain technology and market transparency](#) », atelier *JRC Market transparency*, 30-31 mai, Bruxelles

dans les échanges internationaux⁵. Fin décembre 2016, la *start-up* australienne AgriDigital a ainsi réalisé la première transaction physique de matières premières agricoles (blé) par *blockchain*, avec l'ambition d'accélérer et de simplifier les paiements des céréaliers. Autre exemple, le négociant Louis Dreyfus, la Société Générale, ABN Amro et ING ont réalisé fin 2017 un test grandeur nature avec une livraison de soja entre les États-Unis et la Chine, utilisant la technologie *blockchain*, et, dans leur communication institutionnelle, ils ont insisté sur la division par cinq des durées de traitement administratif¹.

Une autre application potentielle concerne les registres d'animaux, de plantes et de terres⁵. Les défaillances des registres fonciers, dans les pays en développement, ont de lourdes conséquences sur l'économie agricole, puisque l'instabilité des droits de propriété n'incite pas à investir. Le Honduras et le Rwanda travaillent actuellement à des registres cadastraux utilisant la technologie *blockchain*⁶.

L'information sécurisée peut aussi porter sur les qualités non observables des produits – à l'instar de la performance environnementale – qui nécessitent d'apporter des garanties sur les pratiques agricoles. La *blockchain* pourrait par exemple être utilisée pour conditionner des paiements pour services écosystémiques à la réalisation effective de certaines actions : plantation d'arbres, bandes enherbées à proximité des cours d'eau, etc.⁷

Un autre domaine naturel d'application est la traçabilité le long des chaînes d'approvisionnement^{1, 5, 8}. Aux Pays-Bas, l'université de Wageningen a publié en décembre 2017 les résultats prometteurs d'un test, grandeur nature, réalisé avec un partenaire privé, sur le raisin de table biologique sud-africain⁵. La *start-up* londonienne Provenance a quant à elle expérimenté avec succès la traçabilité du thon pêché en Indonésie, puis a étendu ses opérations à d'autres produits et compte aujourd'hui plus de 200 clients dans le secteur agroalimentaire. Avec plus d'ampleur encore, IBM s'est associé à Walmart

pour garantir la traçabilité du porc en Chine et de la mangue au Mexique, en utilisant la technologie *Hyperledger*. Ces pilotes ayant été concluants, le consortium IBM Food Trust s'est étendu à d'autres grands groupes du secteur agroalimentaire et de la distribution (Nestlé, Unilever, Dole, etc.). Il leur permet de partager des informations sur leurs produits (lieu d'abattage et de production, données d'usine, dates de péremption, températures de conservation, etc.)¹. En France, Carrefour a effectué un premier essai en 2018 en appliquant la technologie *Ethereum* au poulet fermier d'Auvergne : les préparateurs des lots de poussins, les éleveurs, les fournisseurs de céréales, les abatteurs, etc., constituaient les œufs de son réseau privé. La démarche a ensuite été étendue à plusieurs filières¹. En octobre 2018, Carrefour a annoncé rejoindre IBM Food Trust afin d'augmenter progressivement le nombre de produits certifiés par cette technologie⁹.

Si son potentiel est vaste, la technologie *blockchain* est encore au stade de l'expérimentation, à des degrés plus ou moins avancés. Les projets concernent à la fois des acteurs privés (entreprises de distribution, d'agroalimentaire, de logistique, etc.) et publics (agences gouvernementales, établissements de recherche, etc.), qui développent différents types de partenariat. Il semble donc pour l'instant pertinent de parler d'un « écosystème *blockchain* », associant plusieurs catégories d'acteurs interdépendants¹ : ceux de l'« infrastructure », qui travaillent sur les protocoles et flux de base ; les « technologiques », qui offrent des services intermédiaires traduisant les protocoles de base en applications concrètes ; les acteurs de l'« application », qui font l'interface avec les utilisateurs finaux.

3 - Enjeux et perspectives pour l'action publique

3.1 - De l'enthousiasme général à la phase d'inventaire

L'engouement de ces dernières années pour la *blockchain* reste fort, mais il s'est atténué,

le discours n'étant plus tellement celui d'une « solution miracle ». La tendance générale est plutôt à une prise de recul, afin d'analyser les avantages et inconvénients des applications possibles, et surtout de distinguer les situations dans lesquelles la *blockchain* aurait une véritable valeur ajoutée, d'une part, de celles où les systèmes classiques sont tout à fait suffisants, voire plus performants, d'autre part. Le crash du *bitcoin* symbolise cette nouvelle phase, mais ne peut la résumer, tant l'univers *blockchain* est diversifié dans ses approches et ses applications concrètes.

Une limite générale a été qualifiée, par des économistes de Princeton, de « trilemme de la *blockchain* ». Selon eux, il serait impossible d'avoir en même temps les trois caractéristiques désirables de cette technologie, à savoir la décentralisation (supprimant les « tiers de confiance »), l'efficacité-coût et l'intégrité (*correctness*) (figure 2)¹⁰. Les *blockchains* publiques permettent d'avoir l'intégrité et la décentralisation, mais pas l'efficacité-coût. Les registres centralisés, quant à eux, permettent d'avoir l'intégrité et l'efficacité-coût, mais pas la décentralisation.

Si l'on se focalise sur l'efficacité-coût, le processus décentralisé des *blockchains* publiques demeure relativement lent, du fait de la grande capacité calculatoire qu'exige le travail des mineurs : la *blockchain bitcoin* ne peut aujourd'hui rivaliser avec le rythme de transactions des systèmes de type « cartes de crédit » (7 transactions possibles par seconde pour le premier, contre 2 000 en moyenne pour le second selon les experts)¹¹. Il est aussi très consommateur d'énergie, ce qui pour certains le rendrait peu compatible avec la trajectoire écologique voulue pour nos sociétés, à moins de progrès très substantiels en matière d'efficacité calculatoire (ex. ordinateur quantique). En agriculture et agroalimentaire, les *blockchains* actuellement en expérimentation ou en développement sont essentiellement privées et hybrides, donc sans recours au minage, et avec un nombre restreint de nœuds et de transactions. La question se posera toutefois

5. Ge L., Brewster C., Spek J., Smeenk A., Top J., 2017, [Blockchain for Agriculture and Food, findings from a pilot study](#).

6. Tripoli M., Schmidhuber J., 2018, [Emerging Opportunities for the Application of Blockchain in the Agri-food Industry](#), FAO and ICTSD.

7. Wageningen University and Research, 2018, [Blockchain: promising applications for sustainable agriculture in a development context](#).

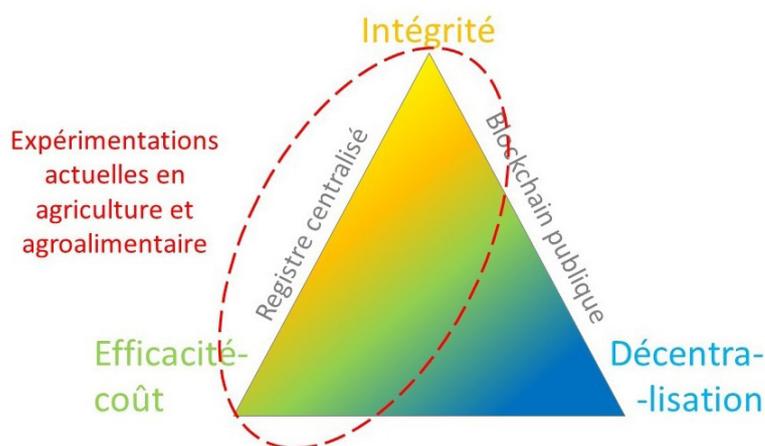
8. Deloitte, 2018, [Beefing Up Blockchain, How Blockchain can Transform the Irish Beef Supply Chain](#).

9. Leclerc F., 2018, « Carrefour rejoint la *blockchain* IBM Food Trust, chargée d'assurer la traçabilité des produits », *L'Usine digitale*, 9 octobre.

10. Abadi J., Brunnermeier M., 2018, [Blockchain economics](#), Mimeo, Princeton University.

11. Pavel I., 2017, « La *blockchain*. Les défis de son implémentation », *Annales des Mines - Réalités industrielles*, n° 3, p. 20-24.

Figure 2 - Le trilemme de la *blockchain*



Source : auteurs, d'après Abadi J. et Brunnermeier M., 2018, *op. cit.*

lors de l'utilisation de cette technologie à une grande échelle⁵.

En agriculture et agroalimentaire, une autre limite majeure de la *blockchain* est la nécessité du lien avec le monde physique. Si elle promet d'assurer l'intégrité des données des registres, cela ne signifie pas qu'elle assure effectivement la véracité de ce qui y est introduit. Dans l'étude conduite par l'université de Wageningen sur la traçabilité du raisin de table biologique sud-africain, ce problème a été bien identifié par les parties prenantes impliquées dans l'expérimentation⁵ : par exemple, elles craignent des fraudes, tout au long de la chaîne, sur l'origine géographique, les modes de production (absence de pesticides, etc.), les caractéristiques du produit, etc. Les chercheurs en concluent que la *blockchain*, en elle-même, ne pourra pas supprimer les fraudes dans le système alimentaire, mais pourra contribuer à réduire leur survenue. L'ajout d'autres technologies, également en développement, pourrait faciliter les échanges entre mondes physique et digital : objets connectés (*Internet of Things*) permettant d'enregistrer l'état et les caractéristiques d'un objet grâce à des systèmes de puces miniaturisées, connexion des *blockchains* avec des capteurs (agriculture de précision), des labels électroniquement reconnaissables (ex. codes barres), etc.⁵

Le coût de coordination des acteurs, nécessaire pour passer à une plus grande échelle, est une autre limite⁵. Pour l'instant, on assiste en agriculture et alimentation à un foisonnement d'expériences pilotes, impliquant une multiplicité d'acteurs, de formats, de protocoles¹. Il en résulte un paysage fragmenté, ne permettant pas aux différentes applications de communiquer entre elles, leur compatibilité étant un défi évident des prochaines années. Ce foisonnement est classique, dans le monde des technologies, avant qu'un standard ne s'impose¹¹.

Le déploiement des applications de la *blockchain* pourrait, à l'instar des protocoles Internet TCP/IP nés en 1973, prendre des

décennies avant d'atteindre leur large utilisation. Si la *blockchain* suit un scénario de ce type, elle sera d'abord interne aux entreprises, à petite échelle, dans une phase de tâtonnement technique. Puis, certaines entreprises connecteront leurs *blockchains*, ce qui petit à petit conduira à des réseaux plus grands, avec une demande concomitante de standardisation¹².

3.2 - Enjeux pour les États

Une des missions premières des États sera de fournir un cadre juridique et réglementaire permettant d'éviter les risques associés à cette nouvelle technologie (risques d'économie souterraine, évasion fiscale, etc.). En France, plusieurs évolutions récentes concernent les cryptomonnaies : par exemple, le projet de loi de finances 2019 impose les cryptoactifs comme des valeurs mobilières, en les soumettant au taux de 30 %. Dans la plupart des pays, c'est aussi d'abord dans le secteur financier, et plus précisément sur la question du *bitcoin*, que se situent les évolutions juridiques.

En agriculture et alimentation, la technologie *blockchain* pourrait bouleverser les marchés, dans des directions encore incertaines : nouveaux entrants proposant des processus de distribution et de traçabilité, et stimulant ainsi la concurrence ; ou au contraire rapprochements entre acteurs de l'alimentation et du secteur digital, renforçant des avantages concurrentiels et les positions de dominance. L'État a un rôle à jouer en matière de veille et de stratégie, pour anticiper au mieux ces évolutions et adapter le cadre réglementaire en conséquence. On assiste d'ailleurs à une multiplication des réflexions, études et rapports cherchant à construire une vision commune des risques et atouts de cette technologie : mission parlementaire¹³, France Stratégie¹⁴, Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (Pipame), etc.

Les pouvoirs centraux peuvent de plus stimuler le processus d'innovation national. Le soutien à la R&D se justifie dans les domaines où le secteur privé n'est pas présent, ou pour des enjeux d'intérêt général et de long terme (ex. traçabilité alimentaire). Ces financements publics sont aujourd'hui limités et les *start-up* jouent un rôle moteur. Tous secteurs et pays confondus, on ne recense pas moins de 200 initiatives gouvernementales relatives aux *blockchains* dans le monde, sous la forme de communautés d'utilisateurs, de partenariats public-privé à visée exploratoire (ex. consortium *Hyperledger*, initiative ID2020, etc.)¹⁵.

Le principal sujet sur lequel les États expérimentent, en matière agricole et agroalimentaire, est la traçabilité des produits dans le cadre de leur mission de contrôle. La *Food Standard Agency* (FSA) du Royaume-Uni a récemment fait part du succès d'une expérience pilote de *blockchain* appliquée aux abattoirs¹⁶. Les données relatives à la traçabilité des animaux sont accessibles à la fois à l'abattoir et à la FSA, et il est prévu, dans une seconde phase,

d'étendre cet accès aux éleveurs. Autre exemple, celui de la traçabilité des produits de la pêche : un récent rapport de *Kairos Future*¹⁷, destiné aux autorités suédoises, souligne les avantages qu'il y aurait à passer à un système *blockchain* pour réduire les risques de fraude.

À mesure de son développement, l'utilisation des *blockchains* au sein de l'administration publique finira par poser des questions inédites. Elles pourraient bouleverser certaines approches traditionnelles en matière de contrôle, d'audit, de certification, de normalisation, voire d'évaluation de politiques publiques, etc.

*

Objet d'une vague de promesses, la technologie *blockchain* capte l'attention des médias, des innovateurs, des décideurs privés et publics. Elle pourrait bousculer les modes de gouvernance actuels, en constituant des registres transparents et décentralisés, se passant de tiers de confiance et d'intermédiaires. Si les expérimentations et applications concernant l'agriculture et l'alimentation se multiplient, après une première phase d'engouement, la période actuelle semble plutôt être à l'inventaire, à la prise de recul et au repositionnement des acteurs.

Ces adaptations et ajustements amènent à questionner le caractère réellement disruptif de la *blockchain*. Elle ne défie pas une technologie existante en proposant une alternative à moindre coût, mais peut néanmoins changer les fondations de nos systèmes économiques. Son adoption pourrait prendre longtemps, par un changement graduel reposant sur des successions de vagues d'évolutions technologiques et institutionnelles.

Pour certains, la *blockchain* est porteuse d'une utopie libertarienne renouant avec les principes fondateurs du web du début des années 1990 : échanges directs entre citoyens, absence d'intermédiaires, transparence, gratuité, cumulativité. Mais la décentralisation des registres n'implique pas nécessairement une gouvernance démocratique. Comme le souligne Frank Pasquale, la direction n'est pas encore fixée entre une *blockchain* « jeffersonienne », décentralisée et libre, et une *blockchain* « hamiltonienne », centralisée par un ou quelques acteurs dominants¹⁸.

Julien Hardelin, Vanina Forget
Centre d'études et de prospective

Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation
Secrétariat Général

Service de la statistique et de la prospective
Centre d'études et de prospective

3 rue Barbet de Jouy
75349 PARIS 07 SP

Sites Internet : www.agreste.agriculture.gouv.fr
www.agriculture.gouv.fr

Directrice de la publication : Béatrice Sédillot

Rédacteur en chef : Bruno Hérault
Mel : bruno.herault@agriculture.gouv.fr
Tél. : 01 49 55 85 75

Composition : SSP

Dépôt légal : À parution © 2019

12. Iansiti M., Lakhani K. R., 2018, « La vérité sur la *blockchain* », *Harvard Business Review*, février-mars.

13. Assemblée nationale, 2019, [Mission d'information commune sur les usages des bloc-chaînes \(*blockchains*\) et autres technologies de certification de registres](#).

14. Janin L., Toledano J., 2018, [Les enjeux des *blockchains*](#), France Stratégie.

15. Berryhill J., Bourgerly T., Hanson A., 2018, [Blockchains Unchained: Blockchain Technology and its Use in the Public Sector](#), OECD Working Papers on Public Governance, No. 28.

16. UK Food Standard Agency, 2018, [FSA trials first use of blockchain](#), 2 juillet.

17. Kairos Future, 2017, [Blockchain use cases for food traceability and control. A study to identify the potential benefits from using blockchain technology for food traceability and control](#).

18. Pasquale F., 2018, « [Tech Platforms and the Knowledge Problem](#) », *American Affairs*, Summer, Vol. 2, No. 2.