

Blockchain, *supply chains* et durabilité des systèmes agri-alimentaires : Quels impacts ? Une illustration à partir d'études de cas

Blockchain, supply chains and the sustainability of agrifood systems: What are the impacts? An illustration based on case studies

Florent Saucède¹, Isabelle Piot-Lepetit²

¹ MolSA, Univ Montpellier, Institut Agro, Montpellier, France, florent.saucede@supagro.fr

² MolSA, Univ Montpellier, INRAE, Montpellier, France, isabelle.piot-lepetit@inrae.fr

RÉSUMÉ. La blockchain est une technologie numérique dont le potentiel a été plébiscité pour répondre aux besoins de traçabilité et de transparence des *supply chains* et embrasser des problèmes de durabilité tels que la réduction des impacts environnementaux, la vérification des conditions de travail et de la qualité des aliments, ou encore l'amélioration de la rémunération des acteurs impliqués. La littérature sur le sujet présente des arguments variés sur le potentiel d'utilisation de la blockchain, avec très peu de validation empirique. L'objet du travail réalisé ici est de rechercher les moteurs réels d'adoption de cette technologie et les impacts observés par les participants. Pour ce faire, nous avons réalisé une revue de la littérature des cas d'étude du développement de blockchains appliquées aux *supply chains*. Les articles ont été analysés selon différents éléments internes et externes aux systèmes agri-alimentaires pour caractériser les facteurs décisionnels conduisant à développer une blockchain ainsi que les avantages et les inconvénients à sa mise en place. Nous apportons une compréhension de l'influence de la blockchain sur les activités des systèmes agri-alimentaires et leurs conséquences en termes socio-économiques, environnementaux et de sécurité alimentaire.

ABSTRACT. Blockchain is a digital technology that is said to have the potential to meet the needs of supply chains regarding traceability and transparency. It is also said to address sustainability issues such as reducing environmental impact, verifying working conditions and food quality, and improving the remuneration of the actors involved. The literature on this subject presents various arguments on the potential of blockchain, with very little empirical evidence. The purpose of our investigation is to discern what really drives the adoption of this technology, as well as to discover the impacts observed by participants. To do so, we have conducted a literature review on case studies on the subject of blockchain development for supply chains. In order to characterize the decisional factors leading to the development of blockchain as well as the advantages and disadvantages of its implementation, articles were analyzed according to different internal and external components of agri-food systems. We break down the influence of blockchain regarding the activities of agri-food systems and their socio-economic and environmental consequences, as well as their influence on food security.

MOTS-CLÉS. Blockchain, *supply chain*, systèmes agri-alimentaires, durabilité, traçabilité, transparence, étude de cas, revue de la littérature.

KEYWORDS. Blockchain, supply chain, food systems, sustainability, traceability, transparency, case study, literature review.

1. Introduction

La blockchain est un « *registre numérique, décentralisé et distribué dans lequel les transactions sont consignées et ajoutées par ordre chronologique pour créer des archives permanentes et infalsifiables* » [TRE 18]. La cryptomonnaie Bitcoin représente son premier usage [NAK 08] et sa notoriété auprès du grand public tient principalement en l'essor de la finance décentralisée qu'elle supporte. La blockchain fait l'objet d'applications dans d'autres secteurs (santé, tourisme, assurance,

énergie, gestion des cadastres, industries pharmaceutiques et musicales...¹⁾ et présente des enjeux forts en matière d'innovation et de gestion de la propriété intellectuelle [BAU 22].

Fin 2015, l'entreprise Project Provenance Ltd publiait un livre blanc traitant de l'application de la blockchain aux *supply chains* (S.C.) pour permettre plus de traçabilité et de transparence et créer de la valeur en démontrant les impacts sociaux et environnementaux des S.C. Un an plus tard, IBM et Walmart collaboraient pour éprouver le potentiel de la blockchain comme support d'une traçabilité de bout-en-bout des S.C., en vue d'améliorer la sécurité alimentaire. Depuis, de nombreux acteurs des systèmes agri-alimentaires (S.A.) – producteurs, fabricants, distributeurs, prestataires de service... – évaluent le potentiel de cette technologie, principalement au moyen d'études pilotes. Pourtant, il n'y a que peu de mises en œuvre réussies de la blockchain dans les S.C. [GLI 22 ; STE 21]. Invoquant la consommation d'énergie requise par les blockchains publiques, la société Provenance affirme restreindre actuellement l'emploi de cette technologie aux seuls éléments pour lesquelles une approche décentralisée est créatrice de valeur. Alors que la blockchain est souvent mise en avant comme une solution pouvant répondre aux besoins de transparence et de confiance des consommateurs, les acteurs des S.C. envisagent son emploi comme un outil de traçabilité avec circonspection.

Il apparaît donc opportun de dresser aujourd'hui un bilan des applications de la blockchain pour comprendre comment elle impacte concrètement les S.C. et comment ces effets s'articulent avec les objectifs de transition vers des S.A. plus durables. Sur la base d'une revue de la littérature, nous analysons des études de cas de blockchains appliquées aux S.C. pour caractériser les avantages et les inconvénients à sa mise en place et proposer une analyse permettant de comprendre l'influence de la blockchain sur les S.A. Nous adoptons pour cela une description des systèmes alimentaires [VAN 18], qui met en relation les moteurs de décision du S.A. avec ses activités et leurs conséquences en termes socio-économiques, environnementaux et de sécurité alimentaire.

2. Analyse critique de l'état de l'art sur l'intégration de la blockchain aux supply chains

Depuis 2017, le nombre de publications académiques sur la blockchain dans les S.C. croît à un rythme soutenu, mais cette littérature doit être analysée avec précaution. De nombreuses revues systématiques ont déjà été réalisées, portant principalement sur l'adoption de la blockchain, pour identifier les domaines d'applications [VU 21]. Plusieurs bénéfices en matière de durabilité et de performance des S.C. ont ainsi été identifiés : (1) suivre les pratiques environnementales et sociales des membres des S.C., (2) évaluer leur empreinte carbone, (3) réduire les manipulations et les fraudes dans des réseaux complexes, (4) identifier et retirer les produits contaminés plus rapidement et plus précisément, et (5) accélérer, digitaliser et intégrer les processus des S.C. [WAN 19 ; PAL 20 ; POU 20]. Les bénéfices pour le fonctionnement des S.C. sont liés aux caractéristiques de la technologie qui favorisent le partage sécurisé d'informations immuables entre les acteurs des chaînes, permettant de développer des usages en matière de traçabilité et une transparence, visibilité et réactivité accrues pour les managers [TSI 20 ; VAR 21]. Ce fonctionnement est facilité par la possibilité de programmer des contrats intelligents qui automatisent certains processus et intègrent des données directement à partir de capteurs et objets connectés (*Ibid.*). Les freins à l'adoption de la blockchain sont principalement liés au fait que les managers sont insuffisamment familiarisés avec cette technologie et sensibilisés à ses bénéfices [DUT 20 ; MAT 21].

Une part importante de la littérature consiste en des études conceptuelles ou de modélisation [QUE 19]. Les travaux empiriques restent peu nombreux [WAN 20], avec pour conséquence des bénéfices identifiés de la blockchain reposant sur le potentiel de cette technologie et non sur des effets mesurés [VU 21]. Il n'est donc pas exclu qu'une analyse indifférenciée de la littérature sur la

¹ <https://blockchainfrance.net/decouvrir-la-blockchain/la-blockchain-decryptee-les-clefs-dune-revolution/>

blockchain dans les S.C., prise dans sa globalité, ne reflète qu'imparfaitement les impacts réels de sa mise en œuvre, biais dont il convient de se prémunir pour une meilleure compréhension des impacts de la blockchain dans les S.C.

3. Méthodologie

Notre objectif consiste à évaluer les impacts réels de la blockchain sur le fonctionnement des S.C. et d'en apprécier les effets en matière de durabilité des S.A. Pour ce faire, seules des études de cas ont été sélectionnées et leur lecture a été réalisée en mettant en relation le fonctionnement des S.C. et la durabilité des S.A.

3.1. Discriminer les études des impacts de la blockchain sur les supply chains

Pour centrer notre analyse sur des cas réels d'utilisation de blockchain, nous avons recherché dans la littérature des contextes où la technologie est mise en œuvre, en ne sélectionnant que des articles présentant des études de cas. [DED 21] ont réalisé une revue systématique de 63 études de cas de mise en œuvre de la blockchain dans des S.C., avec pour objectif de dresser un bilan de l'adoption de la technologie blockchain, ce qui diffère de notre approche et conduit à des choix méthodologiques différents concernant la base de données interrogée et les critères d'inclusion des articles.

Tout d'abord, afin d'explorer précisément les impacts de la blockchain sur les S.C., nous avons sélectionné une base de données spécialisée dans les revues de gestion (EBSCO *Business Source Premier*) et non un index de citations généralistes (comme *Web of Science* [DED 21]), puis nous avons considéré les revues académiques avec évaluation par les pairs pour nous assurer de la qualité scientifique des études retenues. La base de données sélectionnée est multi-éditeurs (incluant notamment *Elsevier*, *Emerald Publishing Limited*, *IEEE*, *Taylor & Francis*, *Wiley-Blackwell*...), fait référence aux index de citations (comme *Web of Science* et *Scopus*), intègre les bases de données en accès libre (dont le contenu du *Directory of Open Access Journals*) et écarte les revues suspectées d'être « prédatrices ». Ces caractéristiques permettent un repérage assez exhaustif des études de cas publiées dans le domaine de la gestion, compte tenu de l'ambition exploratoire de notre recherche.

La requête [« *supply chain* » AND « *blockchain* » AND « *case study* »] appliquée mi-mars 2022 aux titres, mots-clés et résumés des revues contenues dans la base a permis d'identifier 183 références. Les critères d'inclusion sélectionnés sont : (1) des articles académiques, (2) une analyse centrée sur la blockchain et ses effets sur les S.C. et (3) des études de cas de mise en œuvre effective de la blockchain dans des S.C., impliquant des entreprises ou organisations. Deux articles n'ont pas pu être examinés car inaccessibles. Nous avons ainsi retenu 22 références et ajouté un article sur le sujet que la requête n'avait pas identifié [COM 21]. Nous avons exclu les références : (1) centrées sur la finance, les cryptomonnaies ou la blockchain mais sans application aux S.C., (2) dans lesquelles les applications de la blockchain étaient hypothétiques ou se rapportant à (3) des modélisations mathématiques ou (4) des cas d'usage modélisés par des chercheurs exploitant des données empiriques pour simuler des scénarios. Ces deux derniers critères nous distinguent du protocole établi par [DED 21] en nous permettant de ne retenir que des contextes empiriques de mise en œuvre effective de la blockchain dans des S.C. pour en étudier les impacts. L'examen des cas mobilisés, parfois anonymisés et occasionnellement identifiables, nous a permis de constater une certaine redondance nous laissant à penser avoir atteint un certain degré de saturation des analyses offertes dans la littérature.

3.2. Une grille de lecture qui intègre les effets de la blockchain sur les supply chains dans le contexte des systèmes agri-alimentaires et de leur durabilité

La durabilité des S.A. fait pleinement partie des bénéfices potentiels attribués à l'usage de la blockchain dans les S.C. [REJ 21 ; WAN 19]. Par exemple, [PAR 22] ont publié une revue

systématique, structurée selon les objectifs du développement durable de l'ONU, visant à évaluer l'impact de la blockchain sur la durabilité, sans se limiter aux applications relatives aux *supply chains*. Centrés sur l'adoption de la technologie, les autres travaux identifiés ne fournissent pas de grille de lecture adaptée à nos objectifs de recherche. Pour lire les résultats des études de cas d'utilisation de la blockchain dans les S.C., nous avons choisi la description des S.A. de [VAN 18]. Le cadre proposé permet d'approcher les moteurs et les conséquences des activités à l'intérieur des S.A. mais aussi entre ses différentes composantes en termes socio-économiques, environnementaux, de changement climatique et de sécurité alimentaire. Ce cadre facilite l'identification des facteurs à considérer pour améliorer les S.A., mais aussi des facteurs limitants.

L'approche S.A. considère le comportement du S.A. comme un ensemble de sous-systèmes en interaction les uns avec les autres, mais aussi avec son environnement socio-économique et biophysique. Ainsi, le S.A. (Figure 1) est décrit par un certain nombre d'activités dont l'objectif est d'augmenter la sécurité alimentaire. Les activités du S.A. englobent non seulement les activités de la chaîne de valeur mais également les propositions de services aux entreprises, les caractéristiques des consommateurs, l'environnement alimentaire et autres facilitateurs de bon fonctionnement de la chaîne de valeur (zone en bleu). Par ailleurs, les éléments socio-économiques qui influencent le S.A. (zone orange) sont le fonctionnement des marchés, les réglementations existantes, les technologies disponibles, la structure organisationnelle du secteur et aussi des facteurs individuels liés aux différents acteurs intervenant dans la chaîne. Sur le plan environnemental (zone en vert), l'accès aux matières premières, le changement climatique, le maintien de la biodiversité ou le partage des terres sont des éléments qui modifient les S.A. et leurs impacts. Les impacts (zone beige) décrivent les conséquences des activités mises en place dans le S.A. au niveau socio-économique et dans le domaine de l'environnement et de la sécurité alimentaire.

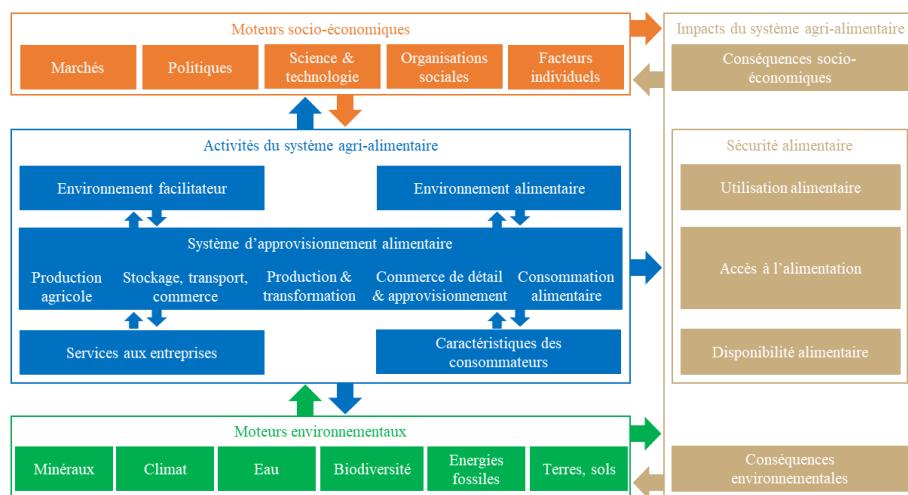


Figure 1. Description du système agri-alimentaire, d'après [VAN 18], p. 10.

Nous avons codé les résultats des études retenues selon les moteurs, activités et résultats de l'approche S.A. Les activités (zone bleue) sont décomposées en éléments relatifs au fonctionnement et aux interactions entre acteurs des S.C., aux effets de la réglementation et des normes, aux enjeux de qualité des aliments, aux services émergents avec la blockchain, et à la relation avec les consommateurs. Les moteurs environnementaux (zone verte) et socio-économiques (zone orange) ont été identifiés lorsqu'ils étaient à l'origine du projet de blockchain. Nous avons mis dans « organisations sociales » les tendances de consommation. Pour les résultats (zone beige), nous avons recherché pour la partie socio-économique tout ce qui relevait de l'équité, du partage de la valeur, de l'emploi et de la rémunération des plus vulnérables. Pour la partie utilisation alimentaire, nous y avons reporté les éléments relatifs à la sécurité alimentaire, les rappels de produits et la contrefaçon. Pour l'accès à l'alimentation, nous avons recherché les considérations relatives aux prix, à la répartition des aliments ou les implications des normes et valeurs sociétales. En ce qui

concerne la disponibilité de l'alimentation, nous avons considéré les éléments renvoyant à la quantité et qualité produite, notamment en local, la distribution ou les échanges commerciaux. Enfin pour les résultats environnementaux, nous avons recherché des informations sur par exemple la consommation énergétique et la réduction des gaspillages alimentaires.

Cette grille de lecture guide une analyse thématique des résultats des études de cas collectées. Leurs caractéristiques ont été synthétisées dans un tableur Excel et les résultats y ont été codés de sorte à réaliser des analyses de statistiques descriptives.

4. Résultats

4.1. Caractéristiques de la littérature sur les impacts concrets de la blockchain dans les S.C.

Nous avons étudié 23 articles dont les caractéristiques sont synthétisées dans le tableau 1.

| Réf. | Années | Etudes de cas | Nbr. cas | Données | Secteurs | Pays |
|--------|--------|---------------|----------|------------------------|----------------|---------------------------------|
| BAH 21 | 2021 | Unique | 1 | Primaires | Humanitaire | Pakistan, Emirats Arabes Unis |
| BEH 20 | 2020 | Multiple | 4 | Primaires | Alimentaire | Pays Bas |
| BUM 20 | 2020 | Unique | 1 | Primaires | Alimentaire | Etats-Unis |
| CAO 21 | 2021 | Multiple | 2 | Primaires | Alimentaire | Australie, Chine |
| CHA 21 | 2021 | Multiple | 4 | Primaires, secondaires | Multisectoriel | Colombie, Canada, - |
| COM 21 | 2021 | Multiple | 4 | Primaires, secondaires | Alimentaire | France |
| FU 20 | 2020 | Multiple | 2 | Primaires, secondaires | Alimentaire | Chine |
| GLI 22 | 2022 | Unique | 1 | Primaires | Alimentaire | Italie |
| KOL 20 | 2020 | Multiple | 6 | Primaires, secondaires | Alimentaire | - |
| KSH 18 | 2018 | Multiple | 11 | Secondaires | Multisectoriel | Multiples (dont pays du sud) |
| KSH 21 | 2021 | Multiple | 8 | Secondaires | Multisectoriel | Multiples (dont pays du sud) |
| LAF 21 | 2021 | Multiple | 10 | Primaires | Multisectoriel | France |
| LI 19 | 2019 | Multiple | 7 | Secondaires | Transport | Multiples |
| NAN 20 | 2020 | Multiple | 126 | Secondaires | Multisectoriel | Multiples |
| OZ 19 | 2019 | Multiple | 3 | Secondaires | Multisectoriel | Danemark, Suisse, - |
| ROE 20 | 2020 | Multiple | 5 | Primaires, secondaires | Multisectoriel | - |
| ROG 20 | 2020 | Multiple | 4 | Primaires, secondaires | Alimentaire | Australie, Chine, Fidji, Europe |
| STE 21 | 2021 | Unique | 1 | Primaires | Alimentaire | Suède |
| SUN 21 | 2021 | Multiple | 2 | Primaires | Multisectoriel | Emirats Arabes Unis |
| TON 19 | 2019 | Multiple | 10 | Secondaires | Multisectoriel | Multiples |
| VAN 19 | 2019 | Multiple | 3 | Primaires, secondaires | Multisectoriel | Etats-Unis, Europe |
| VER 18 | 2018 | Multiple | 5 | Secondaires | Multisectoriel | Chine, Etats-Unis, Finlande |
| XU 21 | 2021 | Multiple | 3 | Secondaires | Multisectoriel | - |

Tableau 1. Caractéristiques des études collectées

Les premières recherches reposant sur des études de cas ont été publiées à partir de 2018, mais leur nombre s'accroît régulièrement depuis (Figure 2). Deux études présentent des cas qui se sont soldés par un échec du déploiement de la blockchain [STE 21 ; SUN 21].

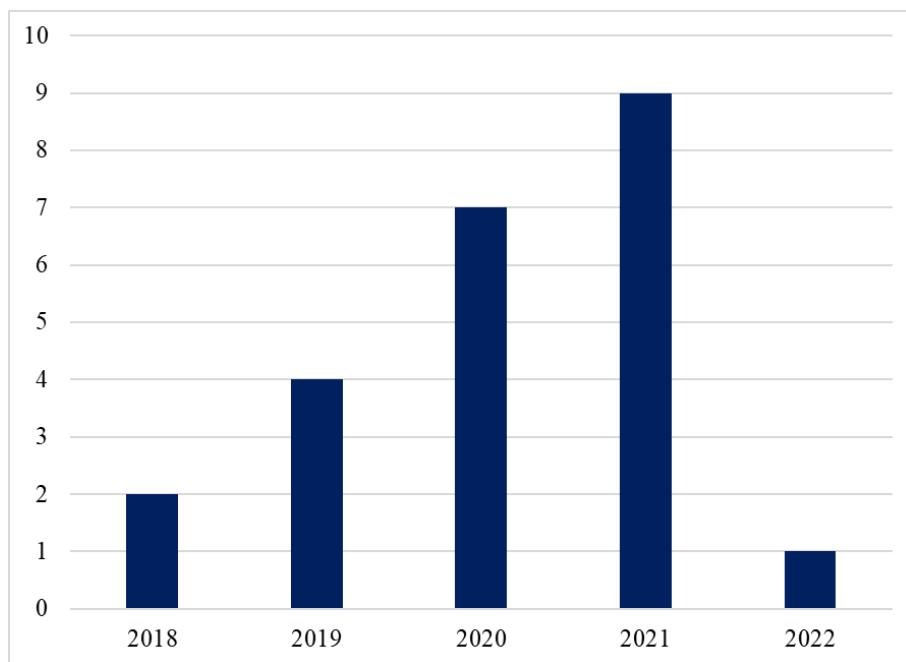


Figure 2. Evolution du nombre de publications (nombre).

La plupart des études ont recours à la méthode des cas multiples, par opposition à l'analyse approfondie d'un cas unique (Figure 4). Il en résulte une grande variété de pays, du nord comme du sud, impliqués dans des projets d'intégration de la blockchain dans les S.C. (Tableau 1). Les cas mono-sectoriels (Figure 3) appartiennent principalement au secteur agri-alimentaire, secteur dominant dans la mesure où seule une étude de cas multiple n'intègre pas ce secteur [SUN 21]. Si les premières études de cas publiées mobilisaient uniquement des données secondaires, l'utilisation de données primaires s'est progressivement développée pour devenir majoritaire à partir de 2020, reflétant ainsi une meilleure adéquation des données collectées aux objectifs des recherches (Figure 5).

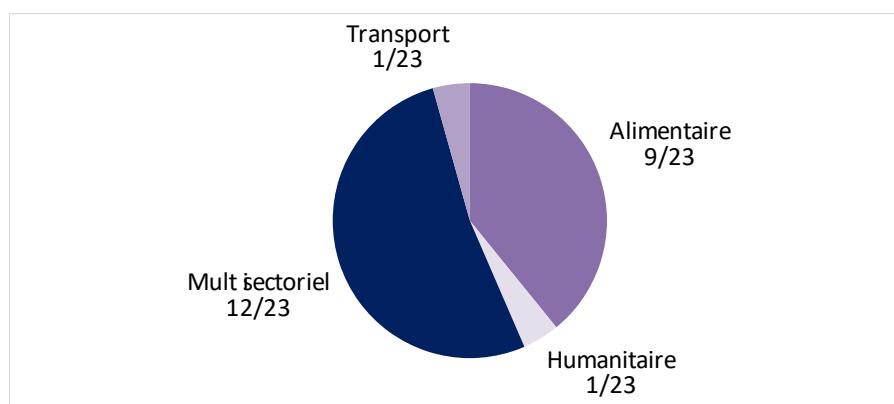


Figure 3. Répartition sectorielle des cas étudiés.

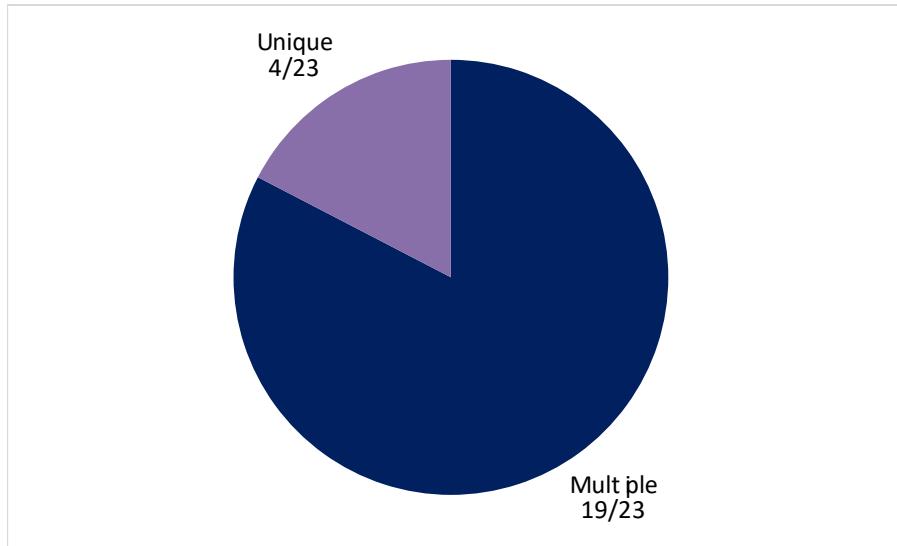


Figure 4. Répartition par type de méthodes.

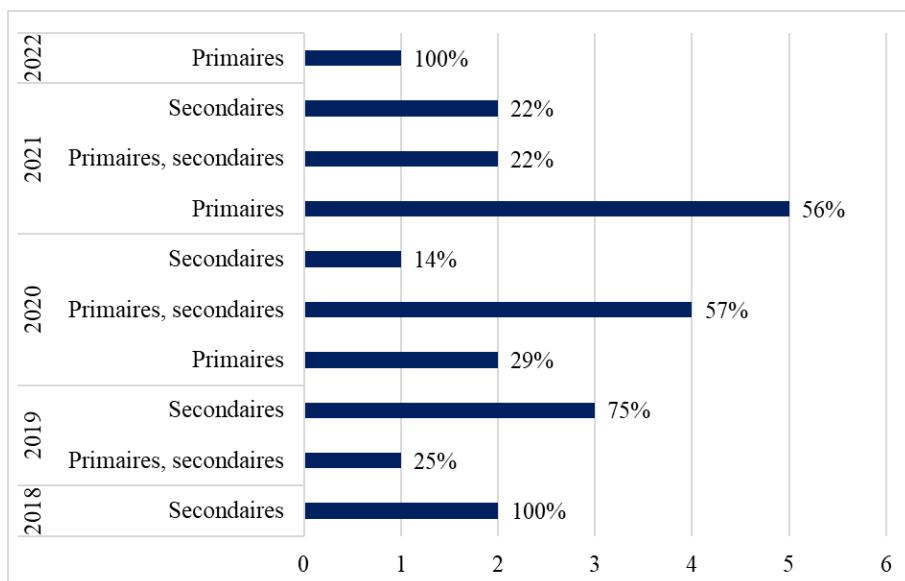


Figure 5. Evolution de la nature des données utilisées
(Les pourcentages sont relatifs au nombre de références par année).

4.2. Analyse thématique des cas d'application de la blockchain dans les S.C.

La figure 6 montre que les études de cas permettent d'analyser les impacts de la blockchain sur l'intégralité des dimensions identifiées par l'approche S.A. Seuls [SUN 21], qui proposent une recherche action centrée sur l'analyse des *big data*, n'ont pas examiné comment la blockchain participe au fonctionnement des S.C. Trois études [BEH 20 ; GLI 22 ; STE 21] n'ont pas analysé les répercussions de l'intégration de la blockchain sur la durabilité des S.A.

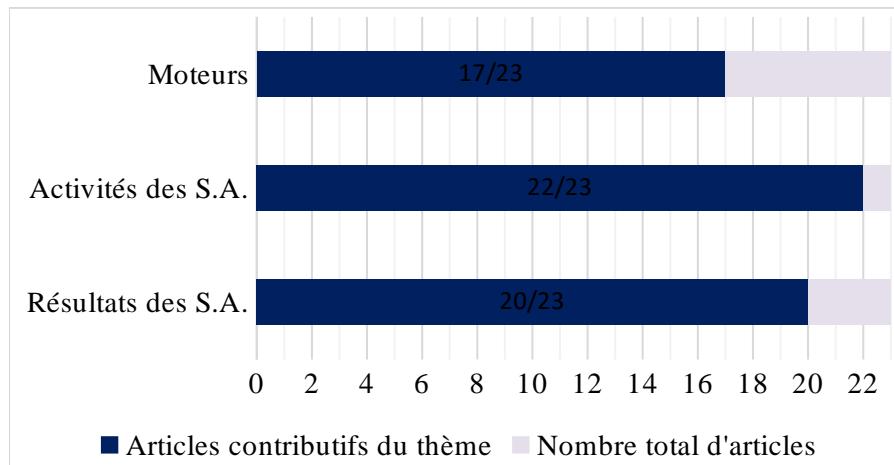


Figure 6. *Etudes contribuant à l'analyse des dimensions des S.A.*

4.2.1. *Les moteurs des S.A. influençant l'adoption de la blockchain*

Les moteurs des S.A. peuvent être interprétés ici comme les pressions institutionnelles que les acteurs à l'initiative du déploiement de blockchains dans leurs S.C. ont souhaité embrasser, utilisé comme leviers ou perçu comme des freins au développement de leurs projets. Mis à part les facteurs individuels, les **moteurs environnementaux** sont les pressions les plus soulignées dans les études de cas (Figure 7). Celles-ci amènent les acteurs à vouloir vérifier la durabilité [KSH 18], mesurer l'impact environnemental (consommation d'eau et d'énergie) [VAN 19] des pratiques des fournisseurs et autres acteurs de la chaîne, récompenser financièrement les fournisseurs qui développent des pratiques durables [COM 21] et les valoriser auprès des consommateurs et parties prenantes des S.C. en fournissant des preuves [KSH 21]. Toutefois, le cas d'échec analysé par [STE 21] montre que l'amélioration de la durabilité ne constitue pas un argument suffisant pour enrôler les parties prenantes dans un projet d'intégration de la blockchain dans les S.C.

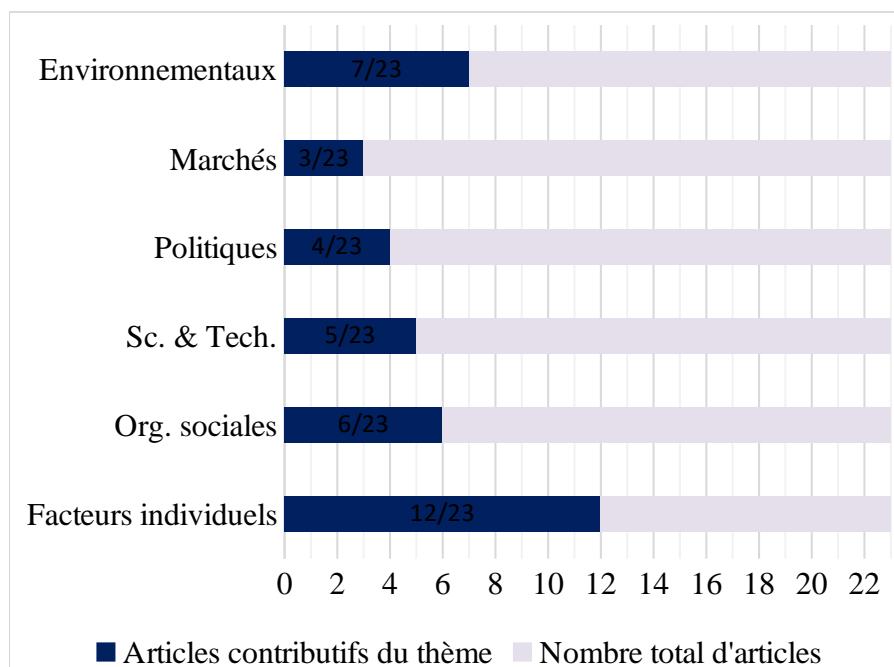


Figure 7. *Etudes contribuant à l'analyse des moteurs des S.A.*

Plusieurs motifs relatifs aux **marchés** amènent les entreprises à s'engager dans des projets blockchain : il peut s'agir de la volonté de démontrer l'engagement de sa marque dans la qualité et la durabilité de ses produits [BUM 20], de créer de nouvelles opportunités de marché auxquelles répondre par une nouvelle segmentation de l'offre pour une meilleure valorisation financière

[COM 21], ou une volonté de développer des capacités préventives ou réactives face aux menaces de risques sanitaires qui, s'ils tournent au scandale, sont de nature à fragiliser durablement les marchés [VAN 19]. Les moteurs d'ordre **politique** se traduisent principalement par une volonté de lutter contre la corruption [BAH 21 ; KOL 20 ; KSH 21], de faire respecter la réglementation ou de s'attaquer à des normes réglementaires inefficaces [KOL 20]. [VAN 19] souligne que les pouvoirs publics pourraient servir de tiers de confiance pour éviter les fraudes à l'identité dans le contexte des services financiers supportés par la blockchain. La blockchain représente en soi un **moteur technologique**. [TON 19] soulignent que ses caractéristiques intrinsèques sont de nature à améliorer la traçabilité, la transparence et le fonctionnement des S.C. Plusieurs barrières de nature technologique ont toutefois été identifiées, à savoir des manques : d'interopérabilité [LAF 21] qui peuvent empêcher les consommateurs d'accéder à des informations que les acteurs souhaiteraient leur communiquer [ROG 20], de maturité [LAF 21], et de standards pour les données et leur saisie [ROG 20]. La connexion entre le monde virtuel de la blockchain et le monde physique des produits est identifiée comme une vulnérabilité qui révèle que la blockchain peut s'avérer insuffisante pour assurer la fiabilité des informations qu'elle contient [ROG 20]. Elle tire alors partie d'être combinée à d'autres technologies : les objets et capteurs connectés limitent l'intervention humaine et donc les risques d'erreurs ou de manipulations [ROG 20], l'intelligence artificielle permet de détecter des anomalies [ROE 20] ou des erreurs (ou manipulations) qui peuvent survenir lors de la saisie des données [ROG 20]. La réussite de l'implantation d'une blockchain dépend aussi de prérequis technologiques [LAF 21], tels que la digitalisation de bout en bout de la S.C. [ROG 20] ou l'intégration des systèmes d'information et des services blockchain afin de pouvoir analyser la masse de données générée [SUN 21]. Les S.A. souffrent d'une crise de confiance de la part des consommateurs [VAN 19 ; ROG 20], ce qui engendre des pressions institutionnelles interprétées comme des **attentes sociétales** et motive l'adoption de la technologie blockchain. Il s'agit, en particulier, de l'importance du *made in* ou de l'origine des produits [LAF 21] et le besoin de traçabilité [STE 21], des attentes de durabilité [VAN 19], y compris dans son volet social [STE 21], et de garantie de la sécurité sanitaire des produits [VER 18]. Les parties prenantes des S.C. exercent également des pressions en faveur de l'adoption de la technologie [BAH 21]. Finalement, les **facteurs individuels** peuvent être organisationnels, inter-organisationnels ou géographiques. Du point de vue organisationnel sont concernés : (1) les anticipations en matière de performances relatives aux coûts (baisse [BAH 21 ; KSH 18 ; VAN 19] ou hausse [STE 21]) et l'efficience opérationnelle (amélioration [BUM 20] ou dégradation [STE 21]), (2) le rapport à la technologie (confiance [LAF 21], investissement et acquisition de compétences [STE 21]), (3) l'acceptation de se dévoiler aux autres [STE 21] ou (4) la volonté d'améliorer la durabilité des chaînes [CHA 21 ; STE 21]. Le niveau inter-organisationnel se décline selon des dimensions (1) structurelles (s'appuyer sur une S.C. déjà existante [FU 20] et intégrée [CAO 21], suppression des intermédiaires [BAH 21], digitalisation des processus [KOL 20 ; KSH 18]) et (2) relationnelles (engagement envers les clients pour expliquer les enjeux [CHA 21], engagement volontaire des participants [COM 21], pressions pour davantage de traçabilité ou résistances face à la transparence, à un investissement idiosyncratique ou lié au manque d'intérêt pour la question de la durabilité [STE 21], et se prémunir du risque de fraude lors de l'entrée des données dans la blockchain [ROG 20]). La dimension géographique appelle à prendre en compte les particularités culturelles [BUM 20], sociales et relatives aux infrastructures [CHA 21] des pays dans lesquels les projets de blockchain sont déployés.

4.2.2. L'intégration de la blockchain aux activités des S.A.

Les résultats des travaux relatifs à l'intégration de la blockchain aux activités des S.A. mettent en exergue la traçabilité des S.C. et soulignent les enjeux de déployer cette traçabilité d'un bout à l'autre de la chaîne et de partager de manière transparente et en temps réel cette information. Les effets les plus analysés dans les études de cas concernent le fonctionnement des S.C. et la qualité de l'alimentation (Figure 8). Ces deux dimensions soulignent comment la traçabilité et la transparence impactent les stratégies d'acteurs à l'œuvre au sein des S.A.

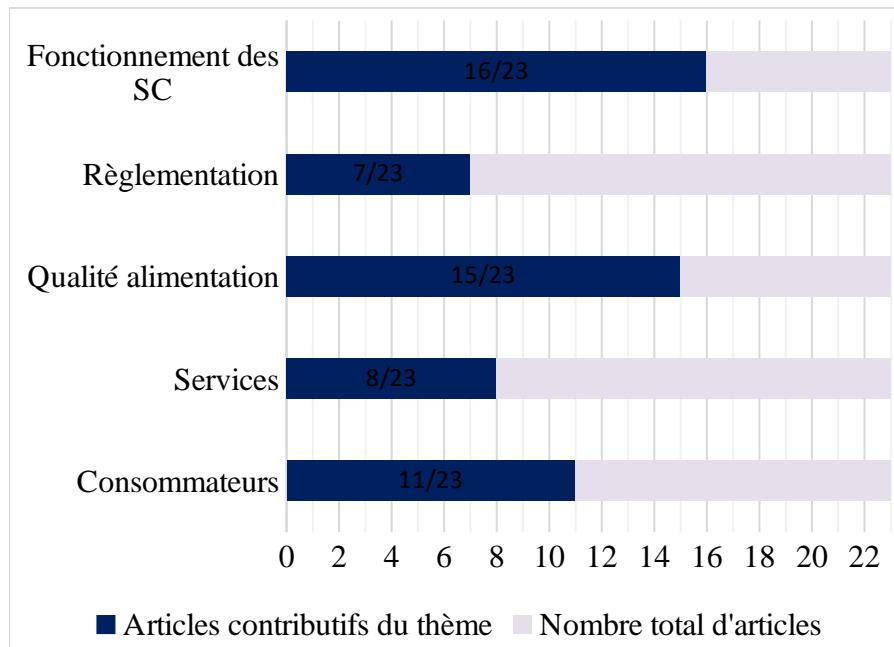


Figure 8. Etudes contribuant à l'analyse des activités des S.A.

Les études de cas confirment que la blockchain favorise le partage d'informations fiables et immuables entre les acteurs de la S.C. [TON 19 ; XU 21] avec une granularité possible à l'unité [KSH 18 ; ROG 20]. Cela contribue à générer de la transparence [TON 19] sur la chaîne et les pratiques des acteurs dont les effets sur le **fonctionnement des S.C.** s'analysent selon deux dimensions : l'efficience opérationnelle rendue possible par l'amélioration de la visibilité en temps réel qu'ont les managers des processus de la S.C., et des relations entre acteurs. D'un point de vue opérationnel, les atouts de la blockchain sur la gestion des flux informationnels et la réduction des asymétries d'information [CHA 21 ; FU 20] supportent la logistique [GLI 22] pour la rendre plus efficiente [BAH 21], (1) en réduisant les coûts [LI 19] via l'optimisation de l'utilisation des ressources et des stocks [NAN 20], une meilleure gestion préventive et réactive des risques sanitaires (rappels de produits) [BAH 21] et la diminution des interactions et communications nécessaires à la réalisation des activités [KSH 18], et (2) en favorisant l'intégration des activités [NAN 20] et de la planification logistique [BAH 21], la coordination des processus [BAH 21 ; LAF 21 ; NAN 20] et des modes de transport [LI 19], la prise de décision [BAH 21], et l'accélération des processus [LI 19] qu'autorise leur automatisation [NAN 20 ; TON 19], ce qui résulte en une amélioration de la qualité de service (livraison conforme aux exigences du client) [NAN 20]. D'un point de vue relationnel, la blockchain permet de réduire l'opportunisme [FU 20] (dont les fraudes [ROG 20]) et les conflits d'objectifs [CAO 21], de favoriser la confiance [BEH 20 ; LAF 21] qui repose en partie sur l'amélioration de la réputation des marques ou entreprises [CHA 21], et donc de favoriser des relations collaboratives [NAN 20], de meilleure qualité [BAH 20] et de long-terme [CHA 21] qui participent à la stabilité de la S.C. [FU 20]. Finalement, la blockchain est un outil qui permet de responsabiliser les acteurs individuellement [KSH18] ou collectivement [CAO 21].

Cette technologie supporte la mise en place d'une traçabilité de bout en bout [LAF 21 ; NAN 20], qui permet de retrouver l'historique (*tracing*) et de suivre en temps réel (*tracking*) les produits le long de la S.C. [CHA 21], de manière sécurisée [LI 19] et vérifiable par les acteurs et consommateurs [BAH 21 ; ROE 20]. Cela facilite le management de la **qualité de l'alimentation** [BAH 21] et la préservation de celle-ci dans la S.C. [CHA 21 ; OZ 19], et permet de garantir l'origine [ROG 20] et l'authenticité des produits [FU 20 ; GLI 22] tout en luttant contre les fraudes et contrefaçons [BUM 20 ; KSH 18 ; ROG 20]. Il en résulte une diminution des risques sanitaires [BAH 21 ; BUM 20 ; KSH 18 ; VER 18] et une plus grande efficacité pour rappeler les produits si

nécessaire [KSH 18 ; VAN 19]. Parvenir à un tel résultat nécessite que soient établis et adoptés des standards de qualité et que la blockchain soit alimentée par une information de qualité [BEH 20].

Du point de vue **réglementaire**, la blockchain devient un outil de surveillance et de vérification automatisé [KSH 18] de la conformité de la qualité [BUM 20] - notamment des produits bio [ROG 20], du respect de la chaîne du froid [ROG 20], des pratiques des acteurs en matière sanitaire [KSH 18] ou de respect des droits humains [ROG 20]. Elle rend toute fraude en matière de certification plus difficile [KSH 21]. La digitalisation et le partage des données permettent aux acteurs des S.C. une mise en conformité plus rapide [BAH 21], notamment en matière de réglementation sur la sécurité [LI 19]. Des standards de traçabilité [BEH 20] et de processus [BUM 20] doivent cependant préexister à l'implémentation de la technologie [*Ibid.*] et être respectés par les acteurs [BEH 20]. Il existe également un vide juridique concernant l'applicabilité de la loi aux contrats intelligents [LI 19].

L'offre de **services** aux acteurs des S.C. évolue avec l'émergence de prestataires de service de blockchain [TON 19] qui respectent la confidentialité des données, n'interfèrent pas dans les questions de gouvernance [ROE 20] et permettent à des PME qui n'auraient pas les ressources nécessaires pour la développer en interne d'accéder à la technologie [BEH 21]. Elle soutient aussi des services financiers sécurisés accessibles aux producteurs [CHA 21 ; FU 20], comme des crédits [KSH 18] et micro-crédits [KOL 20], et permet de mieux évaluer les risques financiers [FU 20]. Le besoin de garantir la conformité des pratiques des acteurs avec les informations entrées dans la blockchain représente une opportunité pour des tiers de confiance indépendants [TON 19].

Les cas étudiés montrent que la blockchain permet aux acteurs des S.C. de faire connaître aux **consommateurs** la durabilité de leurs pratiques [LAF 21], mais également des choix alimentaires plus informés [BUM 20] en vérifiant l'origine des produits et les étapes de leur production et de leur distribution [CHA 21 ; ROE 20 ; ROG 20] pour évaluer leurs impacts environnementaux [ROG 20 ; STE 21 ; VAN 19] et sociaux-économiques [CHA 21 ; ROG 20 ; STE 21 ; VER 18]. Cela renforce la confiance des consommateurs dans les S.A. [FU 20]. Certaines initiatives vont plus loin en impliquant les consommateurs dans le développement de projets pilotes pour définir le contenu et format des informations fournies [CAO 21] ou en leur permettant de s'adresser directement aux producteurs pour vérifier la véracité des informations [CHA 21], auxquelles ils peuvent accéder *via* des QR codes apposés sur les emballages.

4.2.3. Les contributions de la blockchain aux résultats des S.A.

Les études de cas mettent l'accent sur l'amélioration de la traçabilité des S.C. associée à une plus grande transparence. La Figure 9 caractérise les impacts de la blockchain sur les composantes de la durabilité des S.A., avec une prépondérance des dimensions économiques et sanitaires.

L'amélioration de la durabilité environnementale des S.A. est un enjeu crucial et de nombreux argumentaires en faveur de l'emploi de la blockchain soulignent ses atouts pour soutenir cet objectif. Cependant, peu d'études de cas appréhendent les impacts **environnementaux** liés au déploiement de blockchains dans les S.C. Les effets identifiés se limitent à la réduction de l'usage du papier liée à la digitalisation que requiert la blockchain [LI 19 ; NAN 20 ; OZ 19 ; SUN21], à la diminution des émissions de gaz à effet de serre liée à l'optimisation du transport [LI 19 ; SUN 21 ; VAN 19], à la limitation du gaspillage des ressources [BH 21] liée à l'amélioration de la gestion des stocks et des consommations [NAN 20] ou des destructions préventives massives de produits en cas d'imprécisions sur l'origine d'une crise sanitaire [VAN 19]. [KSH 18] mentionne que la blockchain peut également être mobilisée pour veiller à ce que les ressources halieutiques ne soient pas frauduleusement exploitées.

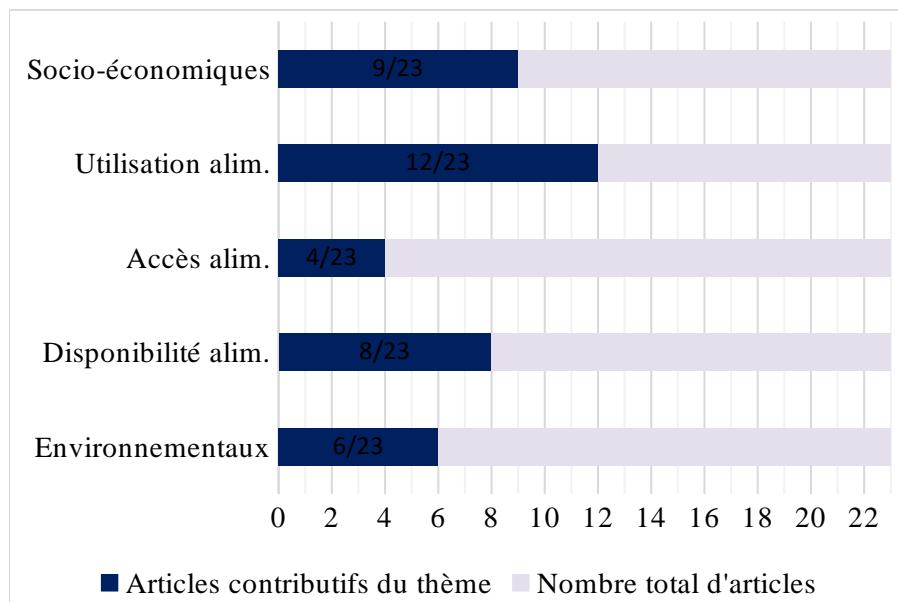


Figure 9. Etudes contribuant à l'analyse des résultats des S.A.

Davantage d'études montrent que la blockchain permet d'agir sur la **durabilité socio-économique** des S.A. Sur le plan social, les propriétés de la technologie en font un outil de surveillance des pratiques des acteurs permettant de lutter contre des pratiques non éthiques (travail des enfants) [CHA 21], illégales ou violant les droits humains (esclavage) [ROG 20]. Concernant le volet économique, elle permet d'améliorer la rémunération des acteurs vulnérables [COM 21] - notamment dans les pays du sud [KSH 21], l'accès de ces derniers à des services financiers [VER 18] et un juste prix payé aux producteurs [CHAU 21; COM 21 ; VER 18]. Le délai de paiement et réduit car réalisé automatiquement dès que la livraison des produits est certifiée conforme grâce à l'usage combiné d'objets ou capteurs connectés et de contrats intelligents [KSH 18]. En cas de crise sanitaire, la précision de la traçabilité permet d'identifier l'origine d'un problème et de ne pas pénaliser des fournisseurs dont les produits ne sont pas concernés, ce qui se produit parfois en cas de retraits de produits ou blocages de processus de production préventifs [VAN 19]. Toutefois, la transparence offerte par la blockchain est susceptible de renforcer le pouvoir de négociation des clients au détriment de leurs fournisseurs [ROE 20] et le manque d'accès des producteurs aux informations qu'elle contient peut renforcer leur vulnérabilité [COM 21].

Les études de cas affirment que la blockchain permet d'agir sur l'ensemble des dimensions de la **sécurité alimentaire**. Son impact sur **l'utilisation de l'alimentation** repose sur sa capacité à assurer les fonctions *tracing* et *traking* de la traçabilité, de bout-en-bout [NAN 20], en produisant une information inaltérable et sécurisée [FU 20 ; LI 19] qui peut être consultée par les clients et les consommateurs [BUM 20 ; CAO 21 ; LAF 21 ; ROE 20]. La blockchain a un impact sur la sécurité alimentaire et la qualité de l'alimentation car elle permet : (1) de lutter contre les fraudes [BAH 21 ; CAO 21 ; CHA 21] et les contrefaçons [CAO 21 ; CHA 21], (2) de garantir l'origine [BUM 20 ; ROG 20] et l'authenticité [CAO 21], (3) de suivre les conditions de préservation de la qualité durant la distribution du produit [CAO 21 ; OZ 19] et de renforcer les contrôles [VAN 19], (4) de garantir les pratiques responsables des parties prenantes [BUM 20 ; ROG 20] et (5) de réagir plus rapidement en cas de nécessité de retirer de la vente des produits contaminés [VAN 19 ; VER 18]. Fournir et garantir des informations sur les origines et processus de fabrication et de distribution des produits alimentaires permet de répondre à une demande sociétale grandissante [CAO 21].

Plusieurs études montrent que la blockchain contribue à la **disponibilité qualitative et quantitative de l'alimentation**. Par la précision qu'elle apporte en cas de crise sanitaire, elle permet d'éliminer les rappels de produits et interruptions de processus de production non nécessaires, ce qui évite de provoquer des ruptures en magasin et garantit la qualité de l'alimentation présente sur les étals

[FU 20 ; VAN 19 ; VER 18]. De même, les optimisations du fonctionnement des S.C. qu'elle autorise permettent d'améliorer la qualité de service aux clients et donc de lutter contre les ruptures d'approvisionnement [NAN 20], de délivrer les produits en quantités ajustées à la demande [BAH 21] ou de caractériser de bonnes pratiques environnementales ou des produits de qualité non référencés par les certifications existantes [COM 21]. En revanche, dans le cadre des S.C. alimentaires, la blockchain n'est pas forcément synonyme de désintermédiation. [TON 19] souligne que l'intervention de prestataires de service spécialisés, qui s'ajoutent aux autres intermédiaires et intervenants déjà présents, tend à accroître la complexité des chaînes tant pour les producteurs que les consommateurs.

Les contributions de la technologie à l'accès à l'alimentation sont moins abordées dans les cas étudiés. [ROG 20] met en avant le coût de déploiement de la technologie et affirme que les acteurs des S.A. ont tendance à reporter celui-ci sur les prix de vente aux consommateurs. *A contrario*, [ROE 20] montre que la transparence et l'automatisation apportées par la blockchain permettent de diminuer le coût des transactions entre les acteurs des S.C., en facilitant notamment l'accès à une information permettant de savoir qui a délivré quel produit, où et quand [BAH 21], de programmer la livraison à l'avance ou de la réaliser en étant certain que les coûts de production sont couverts [CHA 21].

5. Discussion

En octobre 2015, *The Economist*² titrait sa Une en qualifiant la blockchain de « *machine à produire de la confiance* ». Serait-elle également une « machine à produire la durabilité des S.A. » ?

Notre travail de synthèse d'études de cas valide l'assertion selon laquelle la blockchain, du fait de son potentiel d'intégration et de distribution en temps réel d'une information inaltérable de traçabilité de bout en bout, offre aux acteurs des S.C. de se saisir des pressions institutionnelles pour orienter les activités des S.A. et impacter favorablement leur durabilité. Nous avons effectivement relevé des cas aux impacts positifs, portant principalement sur le volet sanitaire de la sécurité de l'alimentation et les aspects économiques de la durabilité des S.A., mais concernant moins les dimensions sociales et environnementales de cette durabilité.

L'impact de la blockchain sur les activités des S.A. et leur durabilité n'est pas systématique. Des contradictions apparaissent, révélant l'intervention de facteurs de contingence. Concernant le fonctionnement des S.C., certains estiment qu'elle favorise les gains d'efficience [BAH 21 ; BUM 20 ; KSH 18 ; VAN 19] tandis que [STE 21] constatent l'inverse. Les facteurs de contingence renvoient, dans ce cas, à des facteurs individuels et technologiques qui s'expriment au travers des résistances des autres acteurs de la S.C. et du niveau de préparation de l'organisation. Du point de vue du facteur individuel, il existe une tension entre besoin de confidentialité et volonté de transparence [XU 20]. Se dévoiler n'est pas naturel pour les acteurs des S.A. et dans le cas de [STE 21], apporter de la transparence sur la durabilité environnementale n'a pas été considéré comme suffisamment important par les parties prenantes pour y concéder et s'investir dans un projet de blockchain. *A contrario*, l'idée de valoriser des pratiques responsables pour co-créer de la valeur pour les consommateurs s'est avérée pertinente dans les cas examinés par [COM 21]. Le second facteur, d'ordre technologique, fait écho au cas d'échec rapporté par [SUN 21] : l'intégration de la blockchain aux systèmes d'information de l'entreprise s'est avérée insuffisante pour permettre d'en exploiter les données. Dans le cas de [STE 21], l'entreprise n'avait pas suffisamment investi dans sa transformation numérique (automatisation de l'entrée des données, infrastructure de système d'information, acquisition de compétences dédiées).

² <https://www.economist.com/weeklyedition/2015-10-31>

Autre contradiction, dans certains cas la blockchain réduit les asymétries d'information [CHA 21 ; FU 20] tandis qu'elle les accentue dans d'autres [COM 21 ; ROE 20]. Or les asymétries d'information sont de nature à modifier le pouvoir de négociation des acteurs des S.C. (d'où la tension confidentialité – transparence), ce qui peut être préjudiciable aux acteurs vulnérables [ROE 20]. Tandis que ces cas montrent que la blockchain peut dégrader la durabilité socio-économique des S.A. (déséquilibres du pouvoir), des effets positifs ont pourtant été rapportés [CHA 21 ; COM 21 ; VER 18]. Les facteurs de contingence, individuels, renvoient aux choix de gouvernance de la blockchain (autorisation d'entrer les données, de les consulter...) et à l'intention qui préside à l'usage de la blockchain. Pour [CHA 21 ; VER 18], l'objectif du projet est d'améliorer la situation économique des producteurs de café, sa valorisation auprès des consommateurs engendre des bénéfices qui profitent à l'ensemble des acteurs.

Au-delà des contradictions, l'analyse révèle également quelques paradoxes. [CAO 21] estiment que la blockchain permet de réduire les conflits d'objectifs des acteurs tandis qu'un alignement des objectifs est un prérequis pour [CHA 21 ; STE 21]. La blockchain est décrite comme favorisant l'intégration de la S.C. [BAH 21 ; NAN 20] tandis que cette dernière est un facilitateur du déploiement de la blockchain pour [CAO 21]. Elle permet de lutter contre l'opportunisme des acteurs [FU 20] mais la perception de fiabilité des données génère un « halo de confiance », soit un relâchement du questionnement de cette fiabilité, favorable à l'opportunisme [ROG 20]. Finalement, [STE 21] considère que l'objectif d'améliorer la confiance n'est séduisant que pour des acteurs qui se font déjà confiance. Ces paradoxes invitent à réexaminer comment la blockchain influence les activités et la durabilité des S.A.

La blockchain permet d'exploiter la transparence qu'elle contribue à générer au moyen de trois leviers : l'optimisation des activités, la surveillance des pratiques et l'action conjointe. **L'optimisation des activités** agit de manière directe sur la durabilité des S.A. aux niveaux de la sécurité alimentaire et de l'environnement (réduction du gaspillage des ressources et de la pollution liée au transport). **La surveillance des pratiques** contribue directement à la sécurité de l'alimentation en permettant d'intercepter des produits contrefaçons, non authentiques ou impropre à la consommation. Elle agit de manière indirecte en limitant l'accès au marché des produits dont la production et la distribution ne respectent pas des pratiques socio-économiquement ou environnementalement durables. Les consommateurs peuvent non seulement consulter des informations mises à leur disposition, mais aussi entrer directement en contact avec les producteurs [CHA 21]. Ici, la surveillance incite à se comporter de manière responsable. Mais elle agit aussi en amont car elle est une condition nécessaire à ce que la transparence soit considérée comme fiable et exploitable à des fins d'optimisation. **L'action conjointe**, c'est-à-dire coordonnée et coopérative, est le levier grâce auquel il est possible de rétablir un partage de la valeur dans les S.C. et d'agir sur la dimension socio-économique de la durabilité du S.A. De nouveau, ce levier intervient en amont car il est indispensable à la co-construction et au partage d'une information de traçabilité de bout en bout des S.C., et donc à la transparence. Sans cela, les optimisations des S.C. ne peuvent être que partielles, avec des impacts limités sur leurs performances et la durabilité des S.A.

La surveillance et l'action conjointe sont les registres complémentaires par lesquels la blockchain offre un support à des actions en faveur de la durabilité, directement ou par l'intermédiaire de l'optimisation du fonctionnement des S.C. et des impacts sur les activités des S.A. Les cas analysés ne révèlent pas qu'un seul chemin pour y parvenir. Dans leur diversité, ils montrent que la technologie ne se substitue pas aux intentions et efforts de coordination des acteurs pour œuvrer collectivement à la durabilité des S.A., mais qu'elle offre un support cohérent avec une telle démarche et un moyen de la développer et de la valoriser. L'analyse des cas d'étude souligne l'importance de facteurs de contingence technologiques (digitalisation, combinaison de technologies) mais surtout individuels (organisationnels, inter-organisationnels, géographiques), liés à la compréhension et à l'usage de la technologie blockchain.

La compréhension de la manière dont la blockchain influence les dynamiques au sein des S.C., les changements qu'elle induit et leurs répercussions sur les S.A. reste toutefois imparfaite. Il est désormais nécessaire d'aller à la rencontre des acteurs pour comprendre comment évoluent les dynamiques de ces systèmes et clarifier les impacts des changements à l'œuvre.

Bibliographie

[BAH 21] BAHARMAND H., MAGHSOUDI A., COPPI G., « Exploring the application of blockchain to humanitarian supply chains: Insights from humanitarian supply blockchain pilot project », *International Journal of Operations & Production Management*, 41(9), 1522-1543, 2021.

[BAU 22] BAUDIER A., SEUILLET E., « Blockchain, open innovation et propriété intellectuelle : une introduction », *Technologie et Innovation*, 22(7), 1-3, 2022.

[BEH 20] BEHNKE, K., JANSSEN M.-F.-W.-H.-A., « Boundary conditions for traceability in food supply chains using blockchain technology », *International Journal of Information Management*, 52, June, Article 101969, 2020.

[BUM 20] BUMBLAUSKAS D., MANN A., DUGAN B., RITTMER J., « A blockchain use case in food distribution : Do you know where your food has been? », *International Journal of Information Management*, 52, June, Article 102008, 2020.

[CAO 21] CAO S., POWELL W., FOTH M., NATANELOU V., MILLER T., DULLOCK U. « Strengthening consumer trust in beef supply chain traceability with a blockchain-based human-machine reconcile mechanism », *Computers & Electronics agriculture*, 180, Article 105886, 2021.

[CHA 21] CHAUDHURI A., BHATIA M.S., KAYIKCI Y., FERNANDES K.J., WANBA S.F. « Improving social sustainability and reducing supply chain risks through blockchain implementation: role of outcome and behavioral mechanism », *Annals of Operations Research*, October, 2021.

[COM 21] COMMANDRÉ Y., MACOMBE C., MIGNON S., « Implication for agricultural producers of using blockchain for food transparency, study of 4 food chains by cumulative approach », *Sustainability*, 13(17), Article 9843, 2021.

[DED 21] DEDE S., KÖSEOĞLU, M.-C., YERCAN, H.-F., « Learning from early adopters of blockchain technology: A systematic review of supply chain case studies ». *Technology Innovation Management Review*, 11(6), 19-31, 2021.

[DUT 20] DUTTA P., CHOI T.-M., SOMANI S., BUTALA, R., « Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities », *Transportation Research Part E: Logistics & Transportation Review*, 142, Article 102067, 2020.

[FU 20] FU H., ZHAO C., CHENG C., MA H., « Blockchain-based agri-food supply chain management : case study in China », *International Food and Agribusiness Management Review*, 23(5), 667-679, 2020.

[GLI 22] GLIGOR D.-M., DAVIS-SRAMEK B., TAN A., VITALE A., RUSSO I., GOLGEKI I., WAN, X., « Utilizing blockchain technology for supply chain transparency: A resource orchestration perspective ». *Journal of Business Logistics*, 43(1), 140-159, 2022.

[KOL 20] KÖLHER S., PIZZOL M., « Technology assessment of blockchain-based technologies in the food supply chain », *Journal of Cleaner Production*, 269, Article 122193, 2020

[KSH 18] KSHETRI N., « Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives », *International Journal of Information Management*, 39, 80-89, 2018.

[KSH 21] KSHETRI N., « Blockchain and sustainable supply chain management in developing countries », *International Journal of Information Management*, 60, Article 102376, 2021.

[LAF 21] LAFORET L., BILEK G., « Blockchain: An inter-organisational innovation likely to transform supply chain », *Supply Chain Forum: An International Journal*, 22(3), 240-249, 2021.

[LI 19] LI L., ZHOU H., « A survey of blockchain with applications in maritime and shipping industry », *Information Systems and e-Business Management*, 19(3), 789-807, 2021.

[MAT 21] MATHIVATHANAN D., MATHIYAZHAGAN K., RANA N., KHORANA S., DWIVEDI Y., « Barriers to the adoption of blockchain technology in business supply chains: A total interpretive structural modelling (TISM) approach », *International Journal of Production Research*, 59(11), 3338-3359, 2021.

[NAK 08] NAKAMOTO S., « Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system », Bitcoin.org, 2008.

[NAN 20] NANDI M.-L., NANDI S., MOYA H., KAYNAK H., « Blockchain technology-enabled supply chain systems and supply chain performance: a resource-based view », *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(6), 841-862, 2020.

[OZ 19] ÖZ S., GÖREN H.-E., « Application of blockchain technology in the supply chain management process: Case studies », *Journal of International Trade, Logistics and Law*, 5(1), 21-27, 2019.

[PAL 20] PALIWAL V., CHANDRA S., SHARMA S., « Blockchain technology for sustainable supply chain management: A systematic literature review and a classification framework », *Sustainability*, 12, Article 7638, 2020.

[PAR 22] PARMENTOLA A., PETRILLO A., TUTORE I., DE FELICE F., « Is blockchain able to enhance environmental sustainability? A systematic review and research agenda from the perspective of Sustainable Development Goals (SDGs) », *Business Strategy and the Environment*, 31(1), 194-217, 2022.

[POU 20] POURNADER M., SHI Y., SEURING S., KOH S., « Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: A systematic review of the literature », *International Journal of Production Research*, 58(7), 2063-2081, 2020.

[PRO 15] PROVENANCE, « *Blockchain: the solution for transparency in product supply chains* », London. Available at: <https://www.provenance.org/whitepaper>, 2015.

[QUE 19] QUEIROZ M., TELLES R., BONILLA S., « Blockchain and supply chain management integration: A systematic review of the literature », *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(2), 241-254, 2019.

[REJ 21] REJEB A., REJEB K., SIMSKE S., TREIBLMAIER H., « Blockchain Technologies in Logistics and Supply Chain Management: A Bibliometric Review », *Logistics*, 5(4), 2021.

[ROE 20] ROECK D., STERNBERG H., HOFMANN E., « Distributed ledger technology in supply chains: A transaction cost perspective », *International Journal of Production Research*, 58(7), 2124-2141, 2020.

[ROG 20] ROGERSON M., PARRY G.-C., « Blockchain: case studies in food supply chain visibility », *Supply Chain Management: An International Journal*, 25(5), 601-614, 2020.

[STE 21] STERNBERG H.-S., HOFMANN E., ROECK, D., « The struggle is real: Insights from a supply chain blockchain case », *Journal of Business Logistics*, 42(1), 71-87, 2021.

[SUN 21] SUNDARAKANI B., AJAYKUMAR A., GUNASEKARAN A., « Big data driven supply chain design and applications for blockchain: An action research using case study approach », *Omega*, 102, Article 102452, 2021.

[TON 19] TÖNNISSEN S., TEUTEBERG F., « Analysing the impact of blockchain-technology for operations and supply chain management: An explanatory model drawn from multiple case studies », *International Journal of Information Management*, 52, Article 101953, 2020.

[TRE 18] TREIBLMAIER H., « The impact of the blockchain on the supply chain: A theory-based research framework and a call for action », *Supply Chain Management: An International Journal*, 23(6), 545-559, 2018.

[TSI 20] TSIULIN S., REINAU K.-H., HILMOLA O.-P., GORYAEV N., KARAM A., « Blockchain-based applications in shipping and port management: A literature review towards defining key conceptual frameworks », *Review of International Business and Strategy*, 30(2), 201-224, 2020.

[VAN 19] VAN HOEK R., « Exploring blockchain implementation in the supply chain: Learning from pioneers and RFID research », *International Journal of Operations & Production Management*, 39(6/7/8), 829-859, 2019.

[VAN 18] VAN BERKUM S., DENGERINK J., RUBEN R., « *The food systems approach: sustainable solutions for a sufficient supply of healthy food* », 2018-064, Wageningen Economic Research, 2018.

[VAR 21] VARRIALE V., CAMMARANO A., MICHELINO F., CAPUTO M., « New organizational changes with blockchain: A focus on the supply chain », *Journal of Organizational Change Management*, 34(2), 420-438, 2021.

[VER 18] VERHOEVEN P., SINN F., HERDEN T.-T., « Examples from blockchain implementations in logistics and supply chain management: exploring the mindful use of a new technology », *Logistics*, 2(3), 20, 2018.

[VU 21] Vu N., Ghadge A., Bourlakis M., « Blockchain adoption in food supply chains: A review and implementation framework », *Production Planning & Control*, Ahead-of-print, 1-18, June, 2021.

[WAN 20] WAMBA S.-F., QUEIROZ M.-M., « Blockchain in the operations and supply chain management: Benefits, challenges and future research opportunities », *International Journal of Information Management*, 52, 102064, 2020.

[WAN 19] WANG Y., HAN J., BEYNON-DAVIES P., « Understanding blockchain technology for future supply chains: A systematic literature review and research agenda », *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(1), 62-84, 2019.

[XU 21] XU P., LEE J., BARTH J.-R., RICHEY R.-G., « Blockchain as supply chain technology: considering transparency and security », *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 51(3), 305-324, 2021.

Remerciements

Nous remercions notre évaluateur anonyme pour ses précieux commentaires, ainsi que les membres du projet BBSC pour leurs remarques et conseils inspirants. Ce travail bénéficie d'un financement de l'Agence nationale de la recherche (ANR-21-CE21-0001).