



联合国
粮食及
农业组织

Food and Agriculture
Organization of the
United Nations

Organisation des Nations
Unies pour l'alimentation
et l'agriculture

Продовольственная и
сельскохозяйственная организация
Объединенных Наций

Organización de las
Naciones Unidas para la
Alimentación y la Agricultura

منظمة
الغذية والزراعة
للأمم المتحدة

COMITE DES PRODUITS

Soixante-douzième session

Rome, 26-28 septembre 2017

NOUVELLES POSSIBILITÉS D'APPLICATION DES CHAÎNES DE BLOCS DANS L'INDUSTRIE AGROALIMENTAIRE

Résumé

La technologie des grands livres distribués (DLT) et les contrats intelligents sont une occasion unique d'accroître l'efficacité, la transparence et la traçabilité des échanges de valeur et d'informations dans le secteur agricole. Le présent document vise à mieux faire comprendre les possibilités, les avantages et les applications des DLT dans le secteur agricole. Il recense également les contraintes techniques et institutionnelles qui pourraient entraver leur adoption.

Les DLT, qui s'appuient sur l'enregistrement numérique, la cryptographie et la désintermédiation du traitement des transactions et du stockage des données, peuvent améliorer de plusieurs façons les filières agricoles et les interventions en faveur du développement rural. Premièrement, la capacité de cette technologie à remonter à l'origine d'un produit, à porter les attributs détaillés de ce produit à chaque transaction et à garantir son authenticité apporte des améliorations considérables à la traçabilité et a une incidence positive sur la sécurité alimentaire, la qualité et la durabilité.

Deuxièmement, la désintermédiation des transactions dans les filières agricoles et l'utilisation de contrats intelligents permettent d'effectuer des paiements sans frictions et en temps réel pour les services financiers agricoles et donc de réduire les coûts de transaction, d'atténuer le risque pour les acheteurs et les vendeurs et d'augmenter les flux de trésorerie et le fonds de roulement pour les agriculteurs et les vendeurs, qui sont généralement engagés dans des processus de règlement complexes qui nécessitent beaucoup de documents papier. Il est clair que des chaînes d'approvisionnement et des services financiers pour l'agriculture plus efficaces peuvent faciliter l'inclusion financière des acteurs défavorisés et stimuler le développement des entreprises.

Troisièmement, les DLT permettent aux utilisateurs de créer des identités numériques en utilisant les enregistrements de leurs actifs numériques et physiques. La masse de données générées par les transactions dans les filières agricoles fournit aux acteurs de la chaîne d'approvisionnement et au secteur public des informations et des données plus précises sur les marchés, lesquelles peuvent être utilisées pour éclairer les décisions de production et de commercialisation, prouver les antécédents d'un agriculteur qui sollicite un crédit et étayer les politiques qui viendront renforcer un environnement favorable à cette nouvelle technologie. Les actifs physiques enregistrés dans le grand

Le code QR peut être utilisé pour télécharger le présent document. Cette initiative de la FAO vise à instaurer des méthodes de travail et des modes de communication plus respectueux de l'environnement. Les autres documents de la FAO peuvent être consultés à l'adresse www.fao.org.



CCP 72

CCP 18/INF/14

livre distribué, tels que les titres fonciers, peuvent être utilisés comme garantie pour accéder au crédit. Les DLT, qui sont une méthode sûre, rapide et inviolable d'enregistrement des titres fonciers, apportent une plus grande clarté juridique aux régimes fonciers.

Les DLT ont aussi la capacité d'améliorer la mise en œuvre et le suivi des accords internationaux relatifs à l'agriculture, tels que les accords de l'OMC et les dispositions pertinentes pour l'agriculture, ainsi que l'Accord de Paris sur les changements climatiques. Ils peuvent enfin apporter davantage de transparence et de responsabilité au processus de mise en conformité avec ces accords.

Néanmoins, un certain nombre de défis techniques, réglementaires, institutionnels, logistiques et capacitaires doivent être relevés pour que la technologie parvienne à maturité et puisse être disponible et accessible au plus grand nombre. L'évolutivité, l'interopérabilité et l'authenticité d'un produit, qui sont des facteurs importants pour l'adoption généralisée des DLT dans les filières agricoles, ne pourront être assurés que si des liens processus-produit sont établis. Les DLT ne sont pas une panacée pour le secteur agroalimentaire, mais que cette technologie exprimera son potentiel considérable si les problèmes que pose son adoption généralisée peuvent être résolus.

Dans le cadre du développement continu des DLT, la communauté internationale a un rôle important à jouer en contribuant à la création d'un environnement qui permette aux gains de productivité générés par la technologie d'être partagés par tous les acteurs du marché, y compris les petits exploitants agricoles, les transformateurs ainsi que les micro, petites et moyennes entreprises (MPME). Les gouvernements, de concert avec les organisations intergouvernementales, peuvent diriger ces travaux en contribuant au dialogue technique sur les DLT, en fournissant des indications sur leur utilisation dans l'agriculture par l'intermédiaire de groupes de travail intergouvernementaux et de plateformes multipartites, en élaborant des règlements et des normes, en resserrant les partenariats public-privé et en fournissant des services de sensibilisation pour améliorer les infrastructures et les compétences numériques dans les zones rurales. La technologie a un potentiel énorme qui lui permettrait de relever les nombreux défis auxquels sont confrontés les acteurs défavorisés du marché en leur permettant de participer à des chaînes d'approvisionnement intégrées, en améliorant les interventions en matière de développement rural et en donnant l'impulsion nécessaire pour réaliser les objectifs de développement durable (ODD).

Pour toute question relative au contenu du présent document, prière de s'adresser à:

M. Josef Schmidhuber Directeur adjoint,
Division du commerce et des marchés (EST)
Courriel: josef.schmidhuber@fao.org

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES ABBREVIATIONS.....	4
LISTE DES FIGURES	5
1. INTRODUCTION.....	6
2. COMPRENDRE LES TECHNOLOGIES DES GRANDS LIVRES DISTRIBUES	7
3. APPLICATIONS DE LA TECHNOLOGIE DES GRANDS LIVRES DISTRIBUES DANS LE SECTEUR AGROALIMENTAIRE.....	10
3.1 Tendances actuelles du secteur agroalimentaire	10
3.2 Filières agricoles.....	11
3.3 Registres fonciers	22
3.4 Accords internationaux relatifs à l'agriculture.....	22
4. INCIDENCES DES POLITIQUES PUBLIQUES SUR LA SECURITE ALIMENTAIRE ET LE DEVELOPPEMENT RURAL	23
4.1 Amélioration de la fluidité des échanges et renforcement de la sécurité alimentaire grâce à des institutions efficaces, à la traçabilité et à la transparence des marchés	23
4.2 Améliorer les résultats du développement rural en faveur d'une croissance économique inclusive.....	24
5. LA VOIE À SUIVRE POUR LA TECHNOLOGIE DES GRANDS LIVRES DISTRIBUÉS	26
5.1 Problèmes et risques concernant la technologie des grands livres distribués	26
5.2 La voie à suivre pour le secteur public	28
6. CONCLUSIONS.....	29
7. BIBLIOGRAPHIE	31

LISTE DES ABRÉVIATIONS

ADPIC	Aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce
B2B	Commerce interentreprises
CCA	Autorités centralisées compétentes
DLT	Technologie des grands livres distribués
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
IdO	Internet des objets
MPME	Micro, petites et moyennes entreprises
ODD	Objectif de développement durable
OMC	Organisation mondiale du commerce
ONU	Organisation des Nations Unies
OTC	Ventes de gré à gré
PAM	Programme alimentaire mondial
RFID	Identification par radio fréquence
SMISI	Sommet mondial sur la société de l'information
SPS	Mesures sanitaires et phytosanitaires

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Grand livre centralisé traditionnel et grand livre distribué	8
Figure 2: Filière agricole et technologie des grands livres distribués	13

INTRODUCTION

Partout dans le monde, quel que soit le niveau de développement économique, les êtres humains transfèrent constamment de la valeur. Le transfert de valeur est une activité humaine fondamentale qui permet à chaque personne d'échanger des biens et des services, d'accumuler des capitaux productifs et d'épargner pour son bien-être. Afin de réduire les incertitudes qui règnent pendant les échanges de valeur, des tiers interviennent afin de garantir la confiance et d'atténuer les risques entre acheteurs et vendeurs. Ces intermédiaires utilisent des grands livres (registres) électroniques centralisés pour suivre les actifs et stocker les données. Or les intermédiaires dépendent souvent des saisies manuelles et peuvent être vulnérables à la fraude, ce qui renchérit les coûts de transaction pour les acheteurs et les vendeurs et alourdit considérablement les frais liés aux opérations commerciales. Ces coûts de transaction élevés sont un facteur de dissuasion majeur pour le développement économique. En outre, les transactions monétaires (tant dans l'économie formelle que dans l'économie informelle) manquent de traçabilité, ce qui empêche, en définitive, les micro, petites et moyennes entreprises (MPME), en particulier dans les pays en développement, d'accéder au crédit, de conquérir de nouveaux marchés et donc de se développer.

La technologie des grands livres distribués (DLT)¹ propose une nouvelle méthode de comptabilisation des transferts de valeur qui réduit l'incertitude au minimum et remplace les acteurs intermédiaires de l'échange de valeur par un grand livre décentralisé et partagé qui fonctionne comme un tiers numérique de confiance. Les DLT constituent un système sécurisé d'enregistrement des transactions dans une base de données numérique qui élimine les tiers et les intermédiaires, réduit les coûts de transaction, permet des transactions plus rapides, voire en temps réel, garantit l'inaltérabilité des données d'entrée et donne accès à la base de données à tous les participants du réseau. Après avoir été utilisés pour la première fois comme système de gestion de trésorerie électronique pour le bitcoin² en 2008, les chaînes de blocs et d'autres DLT ont montré que leur potentiel énorme pouvait améliorer l'efficacité, la transparence et la traçabilité des échanges dans l'économie mondiale. Les DLT peuvent être programmés pour enregistrer non seulement les transactions économiques, mais aussi d'autres types d'informations qui sont importantes et d'une grande valeur pour l'humanité, telles que les certificats de naissance et de décès, les actes de mariage, les actes et titres de propriété, les diplômes ou tout autre élément pouvant être codifié (Tapscott et Tapscott 2016).

Les gouvernements, les institutions privées et les nouvelles entreprises technologiques étudient les applications possibles des DLT dans les divers secteurs de l'économie mondiale. Au cours des quatre dernières années, plus de 5 milliards d'USD ont été investis dans ces technologies (CoinDesk 2018). Le secteur des services financiers est l'un des principaux domaines où elles sont expérimentées et mises en œuvre pour les paiements et les titres de transaction. Les paiements fondés sur les chaînes de blocs offrent un potentiel considérable, non seulement pour les banques de détail, mais aussi pour les chaînes de valeur agricoles et le secteur du développement, notamment pour les systèmes d'aide monétaires, les envois de fonds et les achats. Par exemple, le Programme alimentaire mondial (PAM) a piloté des programmes de transferts monétaires à l'aide d'une technologie basée sur une chaîne de blocs aux fins d'enregistrer les transactions qui s'opèrent dans des supermarchés situés dans un camp de réfugiés syrien. Ces programmes devraient permettre au PAM de réaliser d'importantes économies en réduisant le nombre d'intermédiaires financiers et en diminuant les frais de transaction connexes ainsi que le temps consacré par les comptables du PAM à la compilation des données et des rapports des banques et des magasins, une tâche qui n'est plus nécessaire en raison de la gestion automatisée des registres à partir de la chaîne de blocs (Bacchi 2017). Les applications des DLT visant à simplifier

¹ Aux fins du présent document, les termes «technologie des grands livres distribués» et «chaînes de blocs» sont interchangeable. Il est important de noter que «chaîne de blocs» est devenu un terme courant désignant tous les types de DLT. Or une chaîne de blocs est en fait un type de DLT. La section 2 donne de plus amples informations sur ce sujet.

² Le bitcoin est une monnaie numérique qui utilise le DLT appelé chaîne de blocs pour transférer des fonds entre des parties sans l'intervention d'une autorité centrale.

les flux de travail et améliorer l'efficacité dans le secteur du développement ont un potentiel considérable. Le secteur privé a déjà établi un partenariat avec l'ONU pour étudier des applications qui permettraient d'améliorer l'efficacité de ses travaux et de renforcer l'efficacité du système des Nations Unies (Bacchi 2017).

Le secteur agricole n'est pas en reste. Il existe de nombreux problèmes de transparence et d'efficacité dans les filières agricoles, qui finissent par désavantager les agriculteurs et les consommateurs. En effet, les transactions qui s'opèrent dans ces filières sont par nature risquées et complexes car elles dépendent d'un certain nombre d'intermédiaires. En outre, les consommateurs, qui sont de plus en plus informés, exigent une meilleure transparence en ce qui concerne l'origine de leurs aliments et la manière dont ils sont produits. Or, le renforcement des liens entre les exploitations agricoles, les marchés et les consommateurs peut générer davantage de revenus et créer des emplois (FAO 2017). La technologie des DLT a vraiment la capacité d'améliorer l'efficacité, la transparence et la confiance dans l'ensemble des filières agricoles et de rendre tous les acteurs du marché plus responsables et autonomes. Les DLT peuvent simplifier et intégrer ces filières, améliorer la sécurité alimentaire, réduire les risques liés au financement des échanges et promouvoir un commerce inclusif, accroître l'accès aux services financiers agricoles, générer des informations plus «intelligentes» sur les marchés et offrir une plus grande sécurité juridique aux systèmes de régime foncier. Les secteurs de l'agroalimentaire et des nouvelles technologies étudient déjà ces applications. En fait, un consortium de grandes entreprises alimentaires (Dole, Driscoll, Golden State Foods, Kroger, McCormick and Company, Nestlé, Tyson Foods et Walmart) collabore avec IBM pour utiliser des solutions à base de grands livres distribués pour rendre leurs filières alimentaires plus transparentes et traçables et simplifier les paiements. Les sociétés IBM et Walmart avaient précédemment utilisé des technologies basées sur les chaînes de blocs pour suivre avec exactitude et en quelques secondes la progression d'un lot de mangues depuis l'exploitation à la vente au détail (Wass 2017b). Le présent document vise à mieux faire comprendre les possibilités, les avantages et les applications des DLT dans le secteur agricole. Il recense également les contraintes techniques et financières liées à leur adoption dans l'alimentation et l'agriculture.

COMPRENDRE LES TECHNOLOGIES DES GRANDS LIVRES DISTRIBUÉS

Les DLT³ sont une technologie en évolution et un système de transaction qui a de nombreuses applications et qui a été introduite pour la première fois en 2008 comme système de cryptomonnaie pour le bitcoin. Les DLT peuvent également être utilisés pour effectuer tous les types de transactions et stocker n'importe quel type de données et d'informations qui ont une valeur. Plus précisément, les DLT sont une base de données numérique qui utilise la cryptographie pour lier et sécuriser des transactions ou des données d'entrée, et éliminer les intermédiaires qui interviennent dans le traitement et le stockage de données. Ils s'appuient sur un réseau distribué pair à pair (P2P) d'ordinateurs qui sont utilisés pour valider et stocker l'historique des transactions et les informations sur celles-ci. Les DLT font de ce fait office d'institution numérique décentralisée qui renforce la confiance entre les acheteurs et les vendeurs ou les utilisateurs et fournit ainsi une méthode plus perfectionnée d'enregistrement des transferts de valeur.

³ Il existe un large éventail de DLT qui présentent chacun un degré différent de décentralisation. On compte en effet des grands livres sans autorisation (comme la chaîne de blocs des bitcoins) qui résistent à la censure, n'ont aucune responsabilité juridique et pour lesquels les utilisateurs ont des droits égaux, mais aussi des grands livres autorisés qui sont censurés, ont une responsabilité juridique et pour lesquels les utilisateurs n'ont pas automatiquement des droits égaux.

Cette technologie possède trois grandes caractéristiques qu'il faut bien comprendre (voir la figure 1). Premièrement, les DLT éliminent les intermédiaires présents dans le cycle de traitement et de stockage des données d'entrée. À l'heure actuelle, des institutions jouent le rôle d'intermédiaires de confiance lorsqu'elles opèrent, valident, règlent et enregistrent des transactions dans un grand livre centralisé. Ces intermédiaires s'appuient souvent sur des entrées qui sont saisies manuellement et qui sont donc susceptibles d'erreurs et de fraudes, ce qui ralentit et renchérit l'exécution des transactions. En outre, le modèle centralisé empêche les acheteurs et les vendeurs d'accéder aux données et de les contrôler. Les DLT, quant à eux, n'utilisent aucune autorité de certification centralisée puisque les informations sont vérifiées sur le grand livre distribué avant d'être enregistrées instantanément sur tous les ordinateurs présents sur le réseau. Chaque utilisateur peut ainsi consulter des informations actualisées; il n'y a aucun point de défaillance et aucune institution ou acteur unique ne peut prendre le contrôle des informations. Les DLT vérifient les transactions en utilisant un mécanisme de consensus pour parvenir à un accord entre les participants sur l'état des données dans le réseau. Le mécanisme de consensus utilise des validateurs (qui sont également des participants), des incitations économiques et des algorithmes de consensus pour valider des transactions ou des données saisies dans le grand livre partagé. Tous les utilisateurs du DLT concerné peuvent participer au processus de validation des transactions. Le processus élimine ainsi le recours à des intermédiaires, préserve l'élément de confiance et remplace le modèle de données centralisées actuel, ce qui modifie radicalement la structure des coûts pour les paiements (Cant et al. 2015). Cette méthode de validation des données d'entrée présente un rapport coût-efficacité bien meilleur, réduit les frais et accélère les transactions.

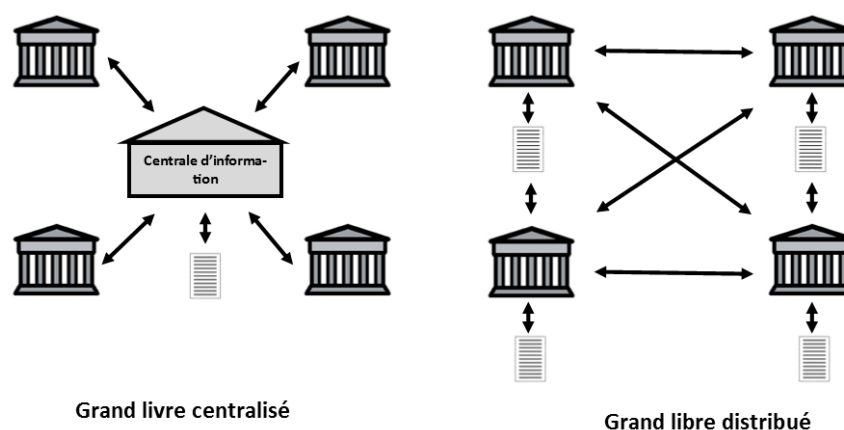


Figure1: Grand livre centralisé traditionnel et grand livre distribué

Source: Auteur.

Deuxièmement, les DLT utilisent la cryptographie pour assurer l'inaltérabilité et la sécurité des données d'entrée. Chaque donnée d'entrée est enregistrée avec un horodatage et une empreinte cryptographique de cet enregistrement, appelée hachage, qui relie les enregistrements entre eux. Elle est ensuite stockée de manière sécurisée sur le réseau distribué d'ordinateurs. Le hachage est à la base de la sécurité et de l'inaltérabilité des livres distribués. Avec cette technique, il est impossible de modifier une entrée sans modifier sensiblement toutes les entrées inscrites dans le grand livre. Ainsi, toute fraude commise dans le grand livre distribué peut être repérée immédiatement par tous les autres utilisateurs.

Troisièmement, l'inaltérabilité des documents ainsi que la désintermédiation du stockage des données permettent à chaque transaction ou enregistrement dans un grand livre distribué d'être traçable et transparent. En théorie, tous les participants du grand livre distribué ont accès à l'historique complet des transactions enregistrées dans la base de données. Selon la finalité et les règles du DLT, les utilisateurs ont la possibilité de contrôler, par type, les détails des transactions qui sont partagés et

avec qui. Les informations stockées dans le grand livre sont protégées par chiffrement et gérées avec des clés privées et publiques⁴. Ensemble, ces clés permettent aux utilisateurs de protéger les informations qui les concernent sur les DLT et de contrôler qui peut y accéder et quand. Par exemple, un agriculteur qui souhaite partager son historique de crédit, qui est enregistré sur le grand livre distribué, avec un prêteur (une banque par exemple) pourrait utiliser la clé publique de la banque concernée, chiffrer les données et lui envoyer. La banque utilisera sa clé privée correspondante pour déchiffrer et lire les informations. Elle pourrait également vérifier que les données appartiennent effectivement à l'agriculteur en utilisant la clé publique de celui-ci. En fin de compte, l'accès aux données enregistrées dans le DLT peut être partagé ou privé, selon les règles du grand livre distribué (qui sont fondées sur la finalité de la plateforme) et les choix des utilisateurs.

Il existe actuellement deux principaux types de DLT: publics et privés (Jayachandran 2017). Un DLT public est un grand livre ouvert dont l'accès n'exige pas d'autorisation; les acteurs du réseau sont anonymes et n'ont pas besoin d'avoir eu une relation antérieure avec le grand livre. Les DLT publics ou sans autorisation sont des systèmes résistants à la censure et entièrement décentralisés. La participation au réseau est ouverte à tous. En effet, n'importe qui peut effectuer des transactions, consulter l'historique complet des transactions du grand livre et participer au mécanisme de consensus. L'avantage des DLT publics est qu'aucune personne ou entité n'est en mesure de contrôler les informations figurant dans le grand livre. Le système est donc neutre. Les deux DLT publiques les plus connues sont la chaîne de blocs Bitcoin et Ethereum; ce dernier est un grand livre de transactions qui permet à quiconque de programmer des applications logicielles décentralisées à l'aide de contrats intelligents et de les exécuter sur son DLT. L'inconvénient des DLT publics est que des acteurs malveillants peuvent intervenir dans le réseau car les participants sont inconnus. Cela peut poser un problème pour des applications, notamment financières, qui contiennent des types d'informations qui sont trop sensibles pour être partagées dans un grand livre entièrement ouvert

Un DLT privé est un grand livre fermé qui nécessite une autorisation d'accès. Ses utilisateurs sont identifiés et les transactions sont validées et traitées par des acteurs déjà connus par le grand livre. Le fait d'exiger que l'identité des acteurs soit connue dans le DLT privé ou avec autorisation crée une couche supplémentaire de sécurité qui limite le potentiel de nuisance d'acteurs malveillants, car ils peuvent être pénalisés et éjectés du réseau⁵. Les DLT à autorisation d'accès n'utilisent pas de participants anonymes pour valider les transactions mais des entités juridiques déjà authentifiées (Swanson 2015). L'utilisation de validateurs authentifiés pour valider les transactions dans le réseau ne signifie pas qu'ils peuvent contrôler l'approbation des transactions. En fait, les DLT avec autorisation font l'objet d'un compromis dans lequel la résistance à la censure est sacrifiée au profit de la responsabilité juridique, tout en fonctionnant toujours sans intermédiaires. C'est précisément la responsabilité juridique qui rend ces DLT plus attrayants pour les marchés mondiaux des capitaux, les actifs corporels, les filières et les contrats intelligents (Swanson 2015).

L'anonymat des participants aux DLT publics et l'identité des utilisateurs des DLT privés rend le processus de vérification des transactions très différent dans les systèmes ouverts et fermés. Il existe de nombreux types d'algorithmes de consensus qui sont utilisés pour les DLT publics et privés. Chaque algorithme présente des avantages et des inconvénients qu'il convient de comprendre et d'utiliser selon l'application spécifique. Par exemple, l'un des DLT publics les plus connus est la chaîne de blocs Bitcoin, qui utilise un algorithme de consensus appelé preuve de travail (ou preuve de calcul). L'algorithme de preuve de travail est coûteux en termes de ressources et de temps et n'est donc pas un mécanisme de consensus optimal pour les réseaux de chaînes de blocs commerciaux (Hyperledger 2017). Le DLT public Ethereum adopte progressivement l'algorithme de preuve de mise

⁴ Dans un mode de chiffrement asymétrique, chaque utilisateur dispose d'une clé privée et d'une clé publique qui se correspondent. La clé privée est confidentielle et similaire à un mot de passe. La clé publique est analogue à une adresse électronique et mise à la disposition des utilisateurs du réseau.

⁵ Pour de plus amples détails sur les avantages des grands livres distribués avec autorisation, voir Swanson (2015).

en jeu, qui est plus efficace car il élimine le minage et les ressources de calcul coûteuses utilisées dans l'algorithme de preuve de travail. Les DLT privés utilisent deux grands groupes d'algorithmes de consensus: la loterie et le vote. Les algorithmes basés sur la loterie sont avantageux en termes d'évolutivité mais sont plus lents pour atteindre la finalité recherchée tandis que les algorithmes basés sur le vote sont avantageux en termes de vitesse et de finalité mais manquent d'évolutivité (Hyperledger 2017).

Un autre gain d'efficacité potentiel pour l'économie mondiale est la capacité des DLT à mettre en œuvre des contrats intelligents. Le commerce fonctionne par le biais d'accords contractuels qui prennent généralement la forme de contrats physiques. Ces contrats dépendent des autorités centralisées qui valident et règlent les transactions, lesquelles sont coûteuses, longues et entachées d'erreurs et de fraudes. Les DLT, qui ont un degré élevé de sécurité et d'inaltérabilité, constituent une plateforme technologique adaptée aux contrats intelligents. Les contrats intelligents sont des programmes informatiques (scripts) qui s'exécutent automatiquement lorsque les conditions prédéfinies sont remplies. Ils sont conçus pour automatiser une grande partie du processus contractuel. L'établissement, le suivi et l'exécution des accords contractuels se font de manière autonome, sans aucune autorité centrale ni implication humaine. L'automatisation des contrats pourrait permettre aux entreprises de réduire considérablement leurs frais de transaction et leurs frais juridiques tout en respectant les obligations contractuelles en temps réel (Shadab 2014; Cant et al. 2016). Ces gains d'efficacité ont la capacité de démanteler l'infrastructure contractuelle traditionnelle et d'éliminer le besoin de faire appel à des intermédiaires centralisés.

Les domaines d'application potentiels des DLT sont immenses. Les gains d'efficacité qui découlent de leur utilisation pour exécuter des transactions et des contrats ont des incidences considérables sur le secteur financier, mais aussi sur d'autres secteurs de l'économie. Les acteurs de chaque secteur de l'économie essaient, semble-t-il, de comprendre comment cette technologie est applicable et pourrait être bénéfique, et quels sont les défis à relever pour la mettre en œuvre.

APPLICATIONS DE LA TECHNOLOGIE DES GRANDS LIVRES DISTRIBUÉS DANS LE SECTEUR AGROALIMENTAIRE

3.1 Tendances actuelles du secteur agroalimentaire

Comme dans d'autres secteurs de l'économie, l'agriculture et les transactions qui s'opèrent dans les filières agricoles n'ont jamais fait l'objet d'une transformation numérique complète. L'agriculture mondiale est confrontée à de nombreux défis. À cet égard, le secteur agroalimentaire doit:

- répondre aux besoins alimentaires d'une population croissante;
- s'adapter à l'évolution des préférences des consommateurs des pays à revenu faible ou intermédiaire qui délaissent les produits à base de céréales pour consommer davantage de produits animaux, de fruits et de légumes;
- promouvoir des pratiques agricoles plus respectueuses de l'environnement et réduire l'empreinte environnementale;
- réduire les coûts dans les chaînes d'approvisionnement;
- maintenir des normes sanitaires et phytosanitaires de haute qualité;
- encourager les activités agricoles rentables;
- accroître les revenus des petits producteurs de denrées alimentaires.

Le secteur agricole est une source majeure d'emplois puisqu'il absorbe environ 30 pour cent de la main-d'œuvre mondiale (Banque mondiale 2018b). Dans de nombreux pays à faible revenu et à revenu intermédiaire inférieur, ce secteur constitue une importante source de revenus pour les populations rurales et un important moteur de croissance économique.

Dans le monde, les systèmes alimentaires et les pratiques agricoles sont divers et vont des systèmes de distribution modernes à grande échelle aux filières alimentaires traditionnelles. L'agriculture dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire inférieur est caractérisée par une majorité de petites exploitations qui représentent, respectivement, les trois quarts et les deux tiers de toutes les terres agricoles gérées dans des exploitations de moins de cinq hectares (FAO 2014). Dans ces régions, l'agriculture est marquée par une faible productivité du travail et une faible intensité de capital. Par-là, elle contraste fortement avec l'agriculture à grande échelle qui prédomine dans les pays à revenu intermédiaire élevé et supérieur et qui se caractérise en général par une productivité élevée de la main-d'œuvre et une haute intensité de capital.

À l'échelle mondiale, la production alimentaire et les circuits de vente au détail sont en pleine mutation puisque l'on s'appuie de plus en plus sur des filières d'approvisionnement internationales et des systèmes de distribution à grande échelle, notamment les supermarchés. Les systèmes alimentaires évoluent vers une plus forte intensité en capital, une intégration verticale et une concentration entre les mains de quelques acteurs. On assiste, dans certains cas, à l'intégration de la production primaire, de la transformation et de la distribution, à l'automatisation de la transformation à grande échelle et à des intensités de capital et de connaissances plus élevées (FAO 2017). Pour les pays à revenu faible ou intermédiaire, l'évolution des filières agroalimentaires multiplie les obstacles qui empêchent les petits producteurs et les agro-transformateurs de participer aux marchés locaux, nationaux et mondiaux. De nombreux petits opérateurs ont du mal à participer à des chaînes de valeur intégrées, en raison du manque d'accès au crédit, des problèmes de transport et d'accessibilité aux marchés, et du respect de l'ensemble des normes de qualité, de traçabilité et de certification (FAO 2017). En renforçant les liens entre les agriculteurs, les marchés et les consommateurs, les filières agricoles peuvent augmenter les revenus et créer des emplois.

Les filières agricoles sont risquées et complexes car la production agricole dépend de facteurs difficiles à contrôler (conditions météorologiques, ravageurs et maladies). Elles manquent également de traçabilité et le règlement des transactions est lent et souvent à forte intensité de main-d'œuvre. Dans ces filières, les transactions sont préemptées par les intermédiaires et entravées par de multiples inefficacités. En outre, les acteurs qui sont en mesure d'accéder de façon constante aux chaînes d'approvisionnement mondiales sont souvent des producteurs et des agro-transformateurs de grande envergure jouissant d'une solide réputation. Les filières agricoles ont besoin de s'ouvrir davantage aux acteurs défavorisés du marché afin de stimuler leur développement économique et de répondre à la hausse de l'offre alimentaire due à l'augmentation de la population. À cet égard, les DLT ont la capacité de réduire les risques et d'accroître l'efficacité du secteur agroalimentaire en assurant la transparence et la traçabilité et en éliminant les intermédiaires dans ces filières. En outre, en réduisant l'incertitude et en instaurant un certain degré de confiance entre les acteurs du marché, les DLT et les contrats intelligents donnent aux petits exploitants et aux MPME la possibilité d'être des acteurs beaucoup plus présents dans les circuits commerciaux.

3.2 Filières agricoles

3.2.1 Gestion des filières agricoles

Les filières agricoles présentent d'importantes inefficacités qui nuisent à tous les acteurs du système, des producteurs aux consommateurs. On estime que le coût d'exploitation des chaînes d'approvisionnement représente les deux tiers du coût final des biens (Niforos 2017b), tandis que sept pour cent de la valeur mondiale des échanges sont absorbés par le seul coût des documents⁶. Concernant les chaînes d'approvisionnement, les défis à relever sont le manque de transparence dû à des données incohérentes ou indisponibles, une proportion élevée de travail manuel et de tâches administratives, le manque d'interopérabilité ainsi que des informations limitées sur la traçabilité du produit (Lierow et al. 2017). Par ailleurs, le secteur privé et le secteur public veulent réduire le coût

⁶ Voir www.tradefacilitation.org

élevé du transport des marchandises dans les chaînes d'approvisionnement, et l'Accord de facilitation du commerce de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) prescrit des mesures visant à réduire les coûts, éviter les retards et réduire l'incertitude (OCDE et al. 2014).

Dans le même temps, les acteurs du secteur privé sont toujours à la recherche de nouvelles technologies qui leur permettraient de rendre les chaînes d'approvisionnement plus rentables et d'accroître leur compétitivité. Les chaînes d'approvisionnement sont déjà numérisées grâce à des technologies telles que le «cloud», l'intelligence artificielle et l'Internet des objets (IdO). Mais ce sont les DLT qui présentent le plus de potentiel pour accroître l'efficacité et la transparence dans les filières agricoles.

En effet, cette technologie peut créer des bases de données numériques distribuées qui enregistrent, suivent, surveillent et traitent les actifs physiques et numériques. Elle permet également d'exécuter des transactions de meilleure qualité, d'obtenir une meilleure traçabilité des produits et d'intégrer et de gérer en temps réel chaque processus et transaction qui se déroule dans la filière agricole. En outre, chaque transaction qui est traitée dans le grand livre distribué peut porter des informations détaillées sur les transactions et des attributs spécifiques du produit qui peuvent être ajoutés par les acteurs de la filière. Ils peuvent également suivre et examiner la progression du produit à chaque étape de la chaîne, depuis les intrants pour l'agriculture et l'élevage (engrais, fourrage, etc.) utilisés à l'exploitation jusqu'au magasin du distributeur. Les DLT stockent des enregistrements inaltérables qui sont transparents et théoriquement accessibles à tout utilisateur du logiciel. Cette technologie peut générer d'énormes gains d'efficacité pour chaque acteur de la chaîne d'approvisionnement.

Établir des liens inaltérables produit-processus

Les DLT peuvent servir de plateforme de traçabilité dans les filières agricoles pour identifier la provenance d'un produit agricole et en garantir l'authenticité. Cette technologie facilitera le contrôle réglementaire car la progression du produit peut être tracée tout au long de la chaîne d'approvisionnement. Le traçage permet ainsi de détecter les comportements frauduleux et d'appliquer des mesures légales. Cependant, pour que les transactions soient inviolables, il est essentiel d'établir un lien inaltérable entre le DLT (processus) et le produit réel. Or le problème à résoudre est le suivant: si les données de transaction peuvent être suivies grâce à l'empreinte cryptographique rattachée à chaque opération, il est impératif que le déplacement du produit physique dans une chaîne d'approvisionnement (de la ferme au consommateur) puisse être suivi par un lien processus-produit inaltérable équivalent. Plusieurs solutions existent pour y parvenir. Il s'agit notamment du code QR qui figure sur l'emballage du produit, des puces d'identification par radiofréquence (RFID), qui sont plus perfectionnées et, plus récemment, des ancrages dits crypto-ancres, un procédé qui semble très prometteur. Les codes QR sont déjà utilisés sur les marchés et exigent que des régulateurs surveillent l'authenticité du produit concerné. IBM a récemment mis au point des ancrages cryptographiques pour garantir l'authenticité d'un produit pour les DLT. Les ancrages cryptographiques sont des empreintes digitales numériques inviolables qui sont intégrées dans des produits sous forme d'encre comestible à l'aide d'un code optique ou de minuscules ordinateurs. Les empreintes sont reliées au DLT pour prouver l'authenticité d'un produit. Les ancrages cryptographiques sont très sûrs, impossibles à cloner, plus petits qu'un grain de sel et coûtent moins de 0,10 cent d'USD à fabriquer (IBM 2018a). Lorsqu'un ancrage cryptographique ne peut pas être incorporé directement dans un produit, IBM a également récemment développé une technologie utilisant des capteurs mobiles (ou un téléphone mobile) équipés d'un dispositif optique spécial et d'algorithmes d'intelligence artificielle pour apprendre et identifier la structure optique, le séquençage d'ADN et d'autres caractéristiques de certains objets en quelques minutes (IBM 2018a). Dans un proche avenir, un distributeur ou un agent des douanes pourrait ainsi utiliser un capteur sur un téléphone mobile pour vérifier l'authenticité de la provenance d'une tomate. Leur faible coût et leur apparente facilité d'utilisation font des crypto-ancres un outil potentiel évolutif et utile pour garantir l'authenticité d'un produit quelconque.

L'examen de la filière de la volaille (figure 2) permet, par exemple, de voir le potentiel réel d'une chaîne d'approvisionnement intégrée dans un DLT. Compte tenu de la demande croissante de

transparence et d'information sur l'origine des produits, les acteurs de la chaîne d'approvisionnement pourraient utiliser une application mobile et un code QR sur le produit pour remonter à son origine et suivre sa progression dans la chaîne. Le consommateur scannerait le code QR apposé sur l'emballage du poulet pour prendre connaissance des informations qui existent sur le produit. Pour que le produit soit traçable, il serait bon de commencer par le producteur, qui tiendrait un registre de toutes les informations sur les intrants (aliments pour animaux, médicaments, etc.), la santé animale, le lieu d'élevage, la race et toute autre information technique nécessaire pour les marchés nationaux ou d'exportation. Chaque fois que le poulet serait déplacé entre les acteurs de la chaîne d'approvisionnement, la transaction serait enregistrée et vérifiée par le DLT. Les autres informations qui seraient enregistrées sont l'heure (date d'abattage, heure de transit, dates d'expiration) ainsi que les certifications liées à l'exportation (comme les certifications sanitaires et du pays d'origine). Ces renseignements et leur traçabilité apporteraient des gains d'efficacité considérables à la gestion de la chaîne d'approvisionnement, à la sécurité sanitaire des aliments et à la durabilité des produits.

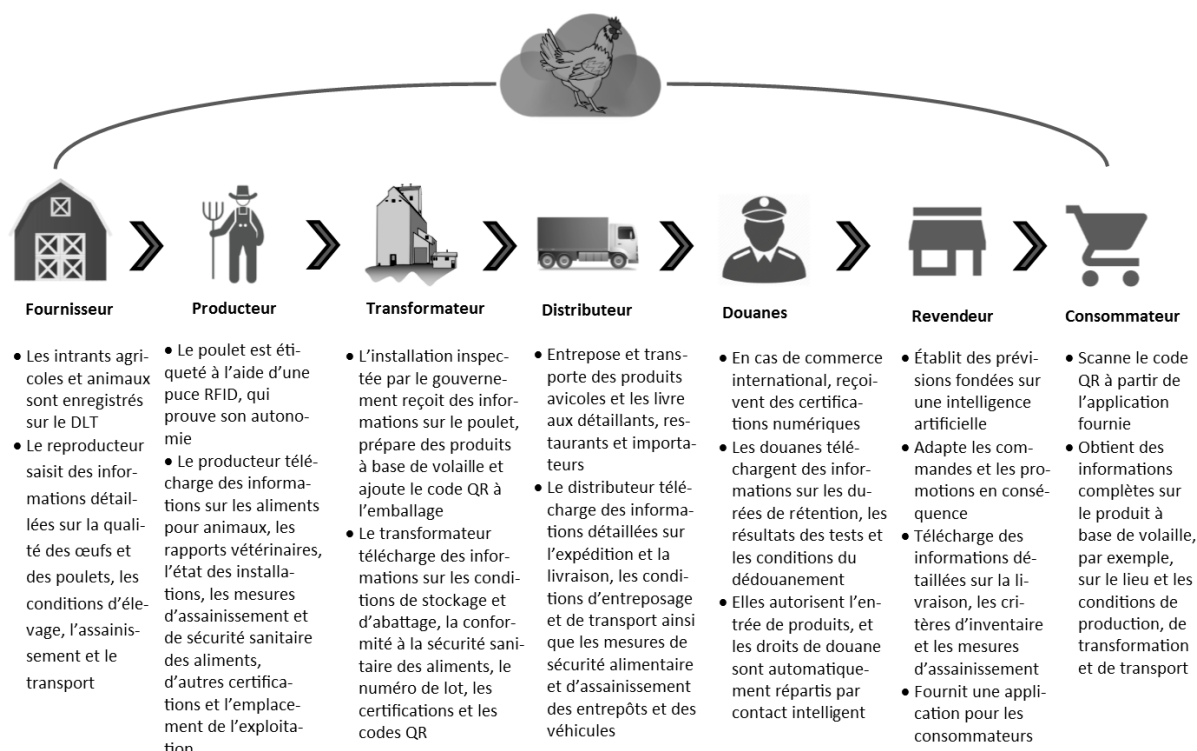


Figure 2: Filière agricole et technologie des grands livres distribués

Source: Auteur

À l'heure actuelle, de nombreuses jeunes entreprises apparaissent dans le secteur de l'alimentation et des boissons en vue de faire adopter les DLT dans les filières agricoles. INS est une plateforme de commerce électronique qui vise la déconcentration des pouvoirs sur le marché de l'alimentation en utilisant des DLT pour mettre les fabricants et les consommateurs en relation directe grâce à l'intégration des données. À l'échelle mondiale, environ 60 pour cent du marché de la grande distribution est dominé par cinq distributeurs, une situation qui peut conduire à des pratiques commerciales déloyales pour les agriculteurs et les fabricants, et à des prix élevés pour les consommateurs (Michail 2017). En contournant les distributeurs, les fabricants pourraient économiser de l'argent sur la commercialisation interentreprises (B2B) axée sur les distributeurs, et les consommateurs pourraient économiser de 20 à 30 pour cent sur les produits achetés sur la plateforme INS (Michail 2017). INS pourrait permettre aux petites entreprises alimentaires de trouver de nouveaux marchés. Ambrosus est une entreprise de technologie suisse qui vise à utiliser des DLT, des contrats intelligents et des capteurs de haute technologie pour tracer les chaînes d'approvisionnement

alimentaire et pharmaceutique. Ripe est une autre entreprise qui utilise des DLT, des scanners et des capteurs spécialisés afin de fournir aux acteurs de la filière agricole des données plus fines sur la production végétale, ce qui leur permettra de fabriquer des produits de meilleure qualité (Massa 2017). Provenance, une jeune entreprise britannique, a lancé un projet pilote pour suivre les différents stades de la pêche du thon dans les DLT. L'entreprise a pour objectif de freiner la pêche illégale et les fausses certifications en enregistrant chaque capture sur la chaîne de blocs et en vendant le poisson avec une identification DLT qui garantit la traçabilité.

3.2.2 *L'avenir de la sécurité sanitaire des aliments*

Le fait de garantir la transparence et d'enregistrer chaque détail de la production et de la transformation d'un produit agricole permettra d'améliorer la conformité aux normes alimentaires et de durabilité. Le consommateur pourra consulter des informations sur la qualité (fraîcheur, sécurité, indications géographiques), la sécurité (santé, gestion des risques) et la durabilité (biologique, commerce équitable) d'un produit. Les DLT aideront les entreprises et les autorités centrales compétentes (ACC) des gouvernements à déceler et sanctionner le non-respect des normes internationales et à améliorer leur capacité de contrôler les maladies végétales et animales afin de garantir que les produits concernés en sont exempts. En outre, les ACC devraient être en mesure de délivrer facilement, rapidement et en toute confiance des certificats d'exportation. Quasiment toutes les informations requises associées au produit seront dans le DLT et les certifications pourraient même être automatisées. Les ACC continueront de jouer un rôle important dans le contrôle de la conformité des exploitations agricoles et des installations de transformation aux normes SPS internationales.

En cas d'apparition d'un foyer épidémique d'une maladie animale ou végétale, de produits agroalimentaires contaminés ou de fraude alimentaire, les DLT permettront également aux entreprises et aux organismes de réglementation de repérer et d'isoler plus rapidement et efficacement les produits contaminés ou frauduleux. En effet, la fraude alimentaire et les maladies d'origine alimentaire sont extrêmement coûteuses sur le plan économique et graves sur le plan environnemental en raison du gaspillage de ressources. On estime que la fraude alimentaire coûte chaque année 40 milliards d'USD au secteur alimentaire mondial (PWC 2016), et que les maladies d'origine alimentaire aux États-Unis représentent à elles seules environ 55 milliards d'USD par an (Scharff 2015). À l'heure actuelle, ni les entreprises, ni les gouvernements, ni les consommateurs ne sont en mesure de suivre la progression d'un produit dans la chaîne d'approvisionnement, car les gouvernements demandent souvent aux entreprises d'enregistrer uniquement l'étape précédente et suivante du déplacement de ce produit. Avec un historique aussi limité, il est plus difficile de détecter avec précision l'exploitation agricole ou l'usine qui est à l'origine du foyer épidémique. Les DLT peuvent rapidement remonter à la source des produits contaminés, ce qui permet de retirer les articles défectueux des magasins afin de réduire au minimum les pertes financières et les maladies.

Différents acteurs du secteur des produits alimentaires et des boissons expérimentent actuellement le déploiement des DLT dans des filières alimentaires mondiales. De grands fournisseurs produits alimentaires, dont Dole, Driscoll's, Golden State Foods, Kroger, McCormick and Company, Nestlé, Tyson Foods et Walmart, se sont regroupés en un consortium et collaborent avec IBM pour tester leurs DLT et recenser les nouveaux domaines dans lesquels la technologie peut bénéficier aux écosystèmes alimentaires (Wass 2017b). La collaboration repose sur un projet pilote réussi qu'IBM a réalisé avec Walmart sur la façon dont les DLT peuvent résoudre les problèmes de sécurité sanitaire des aliments et remonter jusqu'à la source des produits contaminés. Les résultats du projet pilote ont montré qu'il avait fallu six jours, 18 heures et 26 minutes avec les méthodes traditionnelles pour suivre un lot de mangues du supermarché à la ferme où elles ont été cultivées, et seulement quelques secondes avec les DLT pour identifier l'origine exacte et le circuit que les fruits avaient emprunté pour arriver sur les rayons du distributeur (Wass 2017b).

Des projets similaires sont en cours en Asie avec deux des plus grandes sociétés de commerce électronique de Chine, l'objectif étant de lutter contre la fraude alimentaire. Alibaba vient de lancer une initiative avec PricewaterhouseCoopers, Blackmores et Australia Post pour développer et mettre

en œuvre des technologies basées sur les chaînes de blocs dans leurs chaînes d'approvisionnement afin d'éliminer la fraude alimentaire. De même, JD.com, la deuxième plus grande société de commerce électronique de Chine, travaille avec Kerchin, un fabricant de produits à base de bœuf basé en Mongolie, pour suivre la production et la livraison de bœuf congelé (Huang 2017).

3.2.3 Meilleure efficacité du financement des échanges

Le financement des échanges joue un rôle essentiel dans le commerce mondial. Environ 18 mille milliards d'USD de transactions commerciales annuelles sont l'objet d'une forme de financement des échanges, tandis que la taille totale de ce marché dépasse les 10 mille milliards d'USD par an (Auboin 2015). Les établissements financiers comblent l'écart qui existe dans les échanges entre les acheteurs et les vendeurs en proposant des formes de financement telles que le crédit, l'assurance et les garanties. Un risque élevé existe en effet lorsque deux entreprises expédient des volumes importants et de grande valeur de marchandises (un chargement de riz par exemple) à l'intérieur de leur pays ou à l'international. Les risques potentiels sont liés à la transaction entre les deux parties (notamment durant la période qui s'écoule entre le moment où les vendeurs ou les exportateurs veulent être payés et le moment où les acheteurs ou les importateurs effectuent le paiement), à l'altération ou la perte éventuelle de marchandises pendant le transport et aux fluctuations des taux de change. Le financement des échanges atténue ces risques pour les vendeurs et les acheteurs (ou les exportateurs et les importateurs) et cette sécurité est un aspect fondamental de la capacité d'échanger des marchandises.

Les méthodes actuelles de financement des échanges sont compliquées et longues et les transactions s'appuient essentiellement sur l'établissement de documents papier. Il faut en effet des exemplaires multiples d'accords entre les banques de l'expéditeur et les banques du destinataire, ainsi que des accords sur la valeur de l'expédition et la manière dont elle est chargée. Ces systèmes de transaction sont complexes et inefficaces et les intermédiaires financiers bloquent des milliards d'USD lorsqu'ils traitent les échanges. Par exemple, les conditions de paiement dans le secteur céréalier australien varient de deux à cinq semaines, et ces conditions posent un risque de crédit de contrepartie aux producteurs (Fintech Australia 2016). Naturellement, ces longues périodes ont des répercussions négatives sur les flux de trésorerie et le fonds de roulement des vendeurs et leur capacité de gérer leur entreprise.

Les plateformes numériques de financement des échanges qui utilisent les DLT peuvent faire baisser les coûts, réduire les risques pour les vendeurs et les banques et apporter des gains d'efficacité accrus aux chaînes d'approvisionnement. Les DLT utilisent des contrats intelligents pour exécuter automatiquement le règlement des paiements en temps réel, en évaluant d'abord la livraison, puis en vérifiant que l'acheteur dispose de fonds suffisants et enfin en mobilisant des fonds au nom de l'acheteur en attendant la livraison. Lorsque la livraison physique est effectuée, le titre de propriété du chargement de la céréale est transféré à l'acheteur car le paiement est réglé simultanément à partir des fonds réservés (Fintech Australia 2016). Dans le financement des échanges, les approbations et les paiements en temps réel peuvent éliminer le risque de contrepartie auquel les vendeurs sont confrontés et libérer le fonds de roulement. En outre, il est possible de réaliser d'énormes gains d'efficacité grâce à l'automatisation des flux de travail et à la numérisation des documents. Toutes les informations (liées aux accords et certifications) qui sont traditionnellement enregistrées sur papier seraient consignées dans un seul grand livre numérique (base de données) auquel toutes les parties peuvent accéder rapidement. Les banques n'auraient plus besoin d'intermédiaires pour assumer le risque. Enfin, les DLT pourraient également améliorer la capacité des organismes de réglementation et des autorités à percevoir les taxes et les droits de douane. La technologie apporte un niveau élevé de responsabilité, de traçabilité et de vérifiabilité à la transaction.

Les DLT peuvent également faciliter l'accès au financement des échanges, d'autant que les établissements financiers n'ont pas été en mesure de répondre à la demande, en particulier des MPME et des économies émergentes, ce qui a ralenti la croissance économique. En 2017, l'écart de financement des échanges internationaux est estimé à environ 1 500 milliards d'USD (DiCaprio et al.

2017). L'accès à ce type de financement dépend souvent de la réputation et de la solidité des acteurs qui interviennent dans les chaînes d'approvisionnement, ce qui constitue en fin de compte un désavantage pour les MPME. Sachant que la technologie des DLT réduit le risque bancaire, les banques sont davantage incitées à être plus inclusives et à élargir leurs services aux MPME.

À l'heure actuelle, un certain nombre d'applications de financement des échanges qui utilisent des technologies basées sur des chaînes de blocs ciblent les MPME et les lieux où ce type de financement n'est pas disponible. Sept grandes banques européennes⁷ collaborent au développement et à la commercialisation d'une plateforme DLT (avec autorisation) de financement des échanges pour les PME. Développée avec IBM, elle prend appui sur la structure Hyperledger Fabric 1.0 (Wass 2017a). La plateforme, appelée Digital Trade Chain, est conçue pour gérer des transactions à compte ouvert pour les échanges nationaux et internationaux des PME européennes. Ses objectifs sont de fournir une plateforme unique de gestion des transactions commerciales, de faciliter l'accès au financement et de réduire les coûts de transaction pour les entreprises. En outre, une société américaine, Skuchain, a développé un DLT pour éliminer les points de friction dans le financement des échanges et les chaînes d'approvisionnement mondiales. Le projet a pour ambition de permettre aux PME et aux marchés émergents d'accéder à des financements là où ils n'étaient pas accessibles auparavant. La chaîne de blocs de Skuchain fournit une «plateforme de commerce collaborative» qui combine les paiements (lettre de crédit ou virement bancaire), le financement (crédits de fonctionnement ou prêts commerciaux à court terme) et la visibilité (intégration avec des systèmes de gestion administrative tels que «Systems Applications and Products [SAP] in Data Processing» ou un système «Enterprise Resource Planning» [ERP]) (Allison 2016). Une des applications possibles de cette chaîne de blocs est examinée par le PAM, qui étudie actuellement des solutions pour financer les achats de denrées alimentaires en Afrique de l'Est (Besnainou 2017).

Il existe de nombreuses autres applications en matière de financement des échanges et de gestion de la chaîne d'approvisionnement dont la faisabilité est testée en vue de les expérimenter sous forme de projets pilotes et, éventuellement, de les généraliser. À cet égard, il est intéressant de noter qu'un groupe de banques néerlandaises et françaises (ING, ABN Amro et Société Générale), en partenariat avec Louis Dreyfus Co. (l'un des plus grands commerçants agroalimentaires), utilise un DLT pour expédier une cargaison de soja des États-Unis vers la Chine. Il s'agit d'une des premières transactions de produits agricoles à grande échelle qui s'appuie sur un DLT. La technologie a permis de ramener le temps consacré au traitement des documents et des données à un cinquième de sa durée actuelle en numérisant les documents de l'opération (y compris les contrats de vente, la lettre de crédit, les inspections gouvernementales et les certifications) (Bloomberg 2018). Une autre initiative, qui rassemble un groupe de banques internationales (Barclays, Standard Chartered et BNP Paribas), de grandes entreprises (Unilever, Sainsbury's et Sappi) et de jeunes entreprises du monde de la finance, a donné lieu au lancement d'un projet d'utilisation de DLT pour suivre les chaînes d'approvisionnement physiques et débloquent l'accès au financement pour un approvisionnement durable (Wass 2017c). Le premier projet pilote prévoit de tester la technologie pour tracer le thé et les matériaux d'emballage du thé expédiés par les agriculteurs du Malawi aux sociétés. Ce projet est l'une des premières initiatives visant à combiner le suivi de la chaîne d'approvisionnement et le financement des échanges.

3.2.4 Services financiers pour la filière agricole: paiements, assurances, crédit et produits dérivés

D'autres types de services financiers, comme les services de paiement, les assurances et le crédit, jouent également un rôle important car ils aident les acteurs de la filière agricole à réduire les risques, à améliorer les rendements des cultures, à gérer la trésorerie et à maximiser les recettes. Les DLT peuvent réduire les coûts de friction et aider les acteurs de la chaîne de valeur agricole, notamment les petits exploitants et les MPME, à accéder au crédit. Selon Capgemini Consulting, les contrats intelligents qui s'appuient sur les grands livres distribués devraient permettre aux consommateurs

⁷ Les banques sont les suivantes: Deutsche Bank, HSBC, KBC, Natixis, Rabobank, Société Générale et UniCredit.

d'économiser jusqu'à 16 milliards d'USD par an sur les frais bancaires et d'assurance (Maity 2016). Il est clair que les économies réalisées grâce à la réduction des coûts de friction générés par les DLT s'appliqueront également aux services financiers agricoles. Une plus grande efficacité des chaînes d'approvisionnement et des services financiers pour l'agriculture peut conduire à une plus grande ouverture du monde de la finance et à un développement plus soutenu des entreprises.

Paiements

Les transactions financières, telles que les paiements entre agriculteurs, négociants, transformateurs et exportateurs de biens et de services, ou les décaissements et remboursements de prêts, sont le type le plus courant de services de la chaîne de valeur agricole. Pour de nombreux acteurs de cette chaîne, les transactions financières reposent essentiellement sur la trésorerie. Le processus de traitement, d'envoi et de collecte de fonds est lent et coûteux et il est sujet à des risques tels que le vol et la perte (Mattern et Ramirez 2017). Les services de paiement mobile ont déjà permis de réduire les coûts et les risques liés aux transactions basées sur la trésorerie. Ils génèrent également des données sur les flux de liquidités des acteurs de la chaîne de valeur qui peuvent être utilisées pour évaluer le risque de crédit. Par exemple, la plateforme de paiement mobile M-Pesa a déjà montré que ce moyen de paiement peut être un moyen simple de transférer de l'argent, de faciliter l'accès aux services financiers et de mieux utiliser ces services pour améliorer le développement des entreprises. M-Pesa compte désormais plus de 30 millions d'utilisateurs dans 10 pays d'Afrique (Krishnakumar 2017). Cependant, les DLT offrent encore davantage de possibilités de services de paiement sans friction et en temps réel.

Un certain nombre d'établissements financiers testent la faisabilité des DLT et les utilisent déjà pour les paiements⁸. L'intérêt de nombreuses entreprises pour les DLT vient de ce qu'ils peuvent réduire les frictions et les coûts (Tapscott et Tapscott 2017). Les paiements mobiles sont encore relativement lents et coûteux et utilisent un modèle de données centralisé. Les DLT, qui fonctionnent sans intermédiaires permettent aux consommateurs et aux établissements financiers de réaliser des économies importantes. Un rapport de Santander InnoVentures affirme que les DLT pourraient réduire les coûts d'infrastructure des banques pour les paiements, les titres et la conformité réglementaire de 15 à 20 milliards d'USD par an d'ici 2022 (Belinky et al. 2015). En 2013, BitPesa a lancé un service de paiement qui s'appuie sur les DLT et dont la finalité est d'aider les entreprises africaines et internationales à effectuer des paiements à destination et en provenance de l'Afrique. Ce service traite des transactions d'un montant d'environ 20 millions d'USD par mois (Aglionby 2018). En septembre 2016, un groupe de très grandes banques mondiales⁹ a créé le premier groupe interbancaire dans le but de faciliter les paiements internationaux en temps réel en utilisant les DLT, en l'occurrence la chaîne de blocs de Ripple (Treacher 2016). D'autres institutions financières ont commencé à utiliser cette chaîne de blocs pour faciliter les envois de fonds instantanés (Ripple 2017). De même, le Nasdaq et Citigroup ont récemment lancé une nouvelle solution de paiement intégrée pour améliorer la liquidité des titres privés et faciliter les paiements internationaux en utilisant un

⁸ Les établissements financiers ont fait d'importants investissements dans les DLT. Visa, le Nasdaq, Citi et d'autres acteurs industriels ont investi 30 millions d'USD dans Chain.com, une plateforme de développement de chaînes de blocs (Shin 2015). Ripple, une solution de chaînes de blocs d'entreprise pour les paiements internationaux, est appuyée par Santander InnoVentures et d'autres grands établissements financiers (Elison 2016). Une autre technologie de chaînes de blocs majeure, Ethereum, est à l'origine d'une initiative lancée en 2017 pour améliorer la standardisation et l'évolutivité de sa technologie de chaîne de blocs pour les entreprises. L'initiative, qui compte 116 membres, est dirigée par JP Morgan Chase, Intel et Microsoft (Shin 2017). Des solutions qui reposent sur les DLT sont en cours d'élaboration et visent à créer des services financiers qui consistent à transférer de la valeur par paiements et envois de fonds, à échanger et gérer des actifs financiers et contracter des assurances. Les avantages des grands livres distribués pour les services financiers bénéficieront certainement aux établissements financiers qui se concentrent sur les chaînes de valeur agricoles.

⁹ Dont Bank of America, Merrill Lynch, Santander, UniCredit, Standard Chartered, Westpac Banking Corporation et Banque Royale du Canada.

DLT s'appuyant sur la structure Chain.com (Nasdaq 2017). Ces exemples de banque de détail montrent concrètement le potentiel de cette technologie, qui peut également s'appliquer au financement agricole. Les DLT ont la capacité de donner une place encore plus importante aux MPME et aux pays à faible revenu dans les circuits financiers et de permettre aux acteurs de la chaîne de valeur agricole d'épargner et d'investir davantage dans leurs entreprises.

Assurance agricole

L'assurance agricole est un outil de gestion des risques qui contribue à stabiliser les revenus agricoles et les investissements en cas de pertes dues à des catastrophes naturelles ou à la faiblesse des prix du marché. Ces outils amortissent le choc causé par des pertes de revenus, aident les agriculteurs à relancer la production agricole après une mauvaise récolte et étalent les pertes sur quelques années, ce qui permet de poursuivre les investissements dans l'agriculture. Les produits d'assurance agricole sont souvent indisponibles dans les pays en développement, en particulier pour les petits exploitants agricoles, et ce pour plusieurs raisons: le coût élevé de la vérification des réclamations pour pertes dans des zones géographiquement dispersées, le faible montant des polices individuelles, et le fait que les fournisseurs d'assurance comprennent mal les risques agricoles auxquels sont confrontés les petits exploitants (Mattern et Ramirez 2017). En outre, les polices n'existent que sous forme papier et il faut donc une main-d'œuvre importante pour vérifier les demandes d'indemnisation, ce qui augmente en fin de compte le coût de l'assurance.

Les technologies numériques offrent la possibilité de relever certains de ces défis en améliorant les estimations actuarielles et en réduisant le coût de distribution et de suivi des produits d'assurance. Dans le cas de l'assurance-récolte indexée sur les conditions météorologiques, par exemple, les téléphones mobiles permettent aux consommateurs d'être géolocalisés. L'avantage de la localisation (en combinaison avec les stations météorologiques automatisées et l'imagerie par satellite) est qu'elle évite aux assureurs de se déplacer pour évaluer les pertes sur le terrain (Mattern et Ramirez 2017). Associés à des contrats intelligents mis en œuvre par un DLT, les demandes d'assurance et les paiements pourraient devenir entièrement numérisés et automatisés. Un contrat intelligent, par exemple, pourrait être utilisé pour émettre et exécuter automatiquement le règlement d'une police d'assurance-récolte indexée sur les conditions météorologiques. Dans ce système, l'assureur prépare un contrat numérique de la police d'assurance de l'agriculteur. En cas de catastrophe météorologique (une inondation par exemple) qui détruit les cultures, une somme est versée automatiquement à l'agriculteur sur la chaîne de blocs si la quantité réelle de précipitations indiquée par la station météorologique dépasse le niveau des précipitations et la période de temps prédéfinis dans le contrat intelligent. Le système évite ainsi aux compagnies d'assurances d'effectuer un certain nombre de tâches administratives et de vérification sur le terrain. Cet exemple s'applique également à d'autres indices météorologiques qui servent de mesures pour évaluer la perte de récolte. D'autres paramètres tels que la température, le vent et le soleil, entre autres, peuvent être également mesurés.

Une assurance agricole fondée sur un contrat intelligent enregistré sur un DLT pourrait assurer une meilleure couverture d'assurance à un plus grand nombre d'agriculteurs et d'acteurs de la filière. En éliminant la nécessité d'une intervention humaine pour évaluer les demandes d'assurance, le processus devient simple, transparent et efficace. Les contrats intelligents pourraient également éviter aux assureurs les risques de réclamations frauduleuses et de corruption, car les conditions des polices d'assurance ne seraient pas modifiables une fois convenues. Même les données recueillies dans les stations météorologiques pourraient être enregistrées sur un DLT pour garantir leur intégrité. L'automatisation des contrats intelligents réduirait considérablement le coût des polices d'assurance tant pour les consommateurs que pour les assureurs eux-mêmes. La réduction des coûts et des risques pour ces derniers leur permettrait de fournir une assurance à un plus grand nombre d'agriculteurs. Pour les agriculteurs, les paiements seraient quasiment instantanés. Les données recueillies par le DLT dans la chaîne d'approvisionnement permettraient aux agriculteurs et aux assureurs de mieux évaluer les risques et de fournir des polices d'assurance plus précises qui correspondent à la situation des agriculteurs.

Quelques entreprises utilisent les DLT pour distribuer des produits d'assurance agricole. Une jeune entreprise suisse appelée Etherisc utilise des DLT pour distribuer une assurance-récolte aux pays en développement, en particulier en Afrique (Krishnakumar 2017). Le réseau d'assurance autonome Aigang et une entreprise de création d'images aériennes par drones, Skyglyph, se sont associés pour développer un produit d'assurance-récolte autonome à l'aide de drones, de systèmes d'information géographique (SIG), d'une chaîne de blocs et de contrats intelligents (Staras 2017).

Produits de crédit agricoles

Les principaux obstacles qui empêchent les établissements financiers de fournir aux MPME des produits de crédit sont le coût du service dans les régions éloignées, le manque de données pour évaluer la solvabilité des demandeurs ou de garanties (Mattern et Ramirez 2017). L'intégration des filières agricoles dans les DLT pourrait fournir à ces établissements de nombreuses données sur les activités des agriculteurs et d'autres acteurs de la chaîne de valeur, informations qui leur permettraient de fournir des services financiers tels que le crédit direct ou les récépissés d'entrepôt. En passant à un système DLT, un petit agriculteur ou un agro-transformateur sera en mesure de construire une identité numérique qui enregistre non seulement ses actifs physiques, tels que des titres fonciers inaltérables qui peuvent être utilisés comme garantie (voir la section 3.3 ci-dessous), mais aussi ses actifs numériques notamment son activité économique (historique de crédit, qualité et quantité des produits agricoles, etc.), voire d'autres facteurs de production tels que les informations météorologiques qui serviront à déterminer sa solvabilité. S'appuyant sur la richesse de ces données et la transparence globale du système, les établissements financiers peuvent élargir la palette des services financiers offerts aux MPME qui interviennent dans les chaînes d'approvisionnement agricoles.

Les récépissés d'entrepôt permettent aux agriculteurs d'avoir accès au financement après récolte en utilisant les cultures qu'ils ont entreposées comme garantie. À la fin d'une campagne agricole, lorsque les prix du marché sont bas, les agriculteurs ont besoin de liquidités et stockent souvent leurs récoltes dans un entrepôt moyennant des frais. Ils peuvent ainsi obtenir un financement et trouver de meilleures opportunités commerciales pour leur récolte (Varangis et Larson, 1996). Les systèmes de récépissés d'entrepôts s'appuient généralement sur des données vérifiables relatives à la qualité et la quantité des récoltes stockées, mais les petits exploitants des pays en développement disposent rarement de ce type d'informations (Mattern et Ramirez 2017). En utilisant les DLT pour mettre en œuvre ces systèmes, les agriculteurs pourraient facilement fournir des informations utiles sur leurs récoltes afin de prouver aux établissements financiers qu'ils sont solvables et qu'ils peuvent obtenir un prêt.

Les DLT élimineraient le recours à certains types de financement, comme l'escompte de factures. En raison des problèmes logistiques, des contraintes de liquidités et des frictions importantes dans les transactions, les négociants et les transformateurs peuvent mettre des semaines à payer les produits livrés par les agriculteurs ou les services fournis par des prestataires, par exemple des transporteurs. Ce retard peut inciter les agriculteurs à violer les accords contractuels et à vendre leurs produits à un autre acheteur qui lui réglera comptant, souvent à un prix inférieur en raison du besoin immédiat de liquidités (une pratique connue sous le nom de vente parallèle). L'escompte de factures est une pratique qui consiste à utiliser des comptes débiteurs comme garantie pour bénéficier d'un prêt. Elle permet de s'assurer que les fournisseurs sont payés à temps et de réduire les ventes parallèles. Actuellement, le principal problème pour les MPME qui souhaitent accéder à un escompte de facture (crédit) est qu'il n'existe pas de documents officiels sur leurs opérations (Mattern et Ramirez 2017). Les DLT pourraient fournir les données nécessaires aux MPME et aux établissements financiers, mais la technologie finira par éliminer la nécessité de l'escompte de factures puisqu'il s'agit d'un type de financement qui résulte des inefficacités et des frictions qui existent dans les chaînes d'approvisionnement. En utilisant des contrats intelligents pour automatiser les processus de paiement, les DLT éliminent le besoin d'intermédiaires et déclenchent le paiement à la réception des marchandises, ce qui permettra d'assurer le paiement en temps réel et d'augmenter le fonds de roulement des agriculteurs, des MPME et de tous les acteurs de la filière.

Quant aux acteurs de la filière dont les antécédents montrent qu'ils sont solvables et peuvent obtenir un prêt agricole, la technologie des DLT réduira leurs frais de transaction et leur proposera des solutions simplifiées de traitement et de remboursement des prêts. Les établissements financiers devraient être en mesure d'étendre leur couverture afin de fournir davantage de produits de crédit à un plus grand nombre d'acteurs de la chaîne de valeur agricole, en particulier les petits exploitants et les MPME.

Produits dérivés agricoles

Les marchés agricoles sont intrinsèquement volatils et les revenus et les prix agricoles sont vulnérables aux chocs exogènes. Certains producteurs agricoles utilisent des produits dérivés (contrats à terme ou contrats d'option) comme outil de gestion pour couvrir les risques de prix et fixer un prix futur pour la récolte. La technologie des DLT peut s'appliquer aux marchés des produits dérivés agricoles dans un proche avenir.

Actuellement, la négociation de titres est un autre domaine des services financiers qui est transféré sur les bases de données distribuées. La plupart des innovations dans ce domaine concernent les valeurs mobilières qui sont axées sur les marchés de gré à gré (OTC), parce qu'elles sont moins transparentes et réglementées que les marchés boursiers et qu'elles dépendent également de la saisie manuelle et de formalités administratives sur papier. Le Nasdaq, en collaboration avec Chain.com, a été un chef de file dans le développement des DLT pour la négociation de titres. En 2015, les deux partenaires ont lancé la première plateforme DLT (baptisée Linq) pour la négociation de titres privés sur le marché OTC. La plateforme Nasdaq Linq a fait ses preuves et contribuera à réduire le temps de traitement (de trois jours à moins de 10 minutes), l'exposition au risque de règlement, les coûts en capital et la charge administrative dans les opérations de gré à gré (Nasdaq 2015). D'autres sociétés spécialisées dans les chaînes de blocs se concentrent également sur les marchés de gré à gré, comme Clearmatics, qui développe une plateforme de compensation et de règlement qui regroupe les dépositaires, les négociants, les sites de négociation, les entreprises acheteuses et les fournisseurs de données. La plateforme de Clearmatics peut traiter les opérations sur titres et automatiser la valorisation et la marge des produits dérivés et autres contrats financiers en utilisant les DLT (Swanson 2015). À l'avenir, les DLT permettront probablement aux producteurs qui utilisent des produits dérivés agricoles d'obtenir une plus grande efficacité dans leurs opérations ainsi que des coûts de négociation plus faibles.

3.2.5 Des données et des informations sur les marchés plus « intelligentes » et accessibles

Avec les DLT, les utilisateurs peuvent construire des identités numériques en enregistrant leurs actifs numériques et physiques. En effet, les DLT génèrent une grande quantité de données à partir des transactions de qualité effectuées dans les filières et les services financiers agricoles. Ils stockent également chaque transaction enregistrée. Les acteurs de la chaîne d'approvisionnement peuvent ainsi disposer de registres détaillés de leurs opérations, de leurs activités en termes de services financiers et d'informations plus précises et de meilleure qualité sur les marchés. Ils peuvent aussi accéder plus finement aux données puisque les données d'entrée sont numériques et inaltérables et qu'en théorie chaque participant au réseau possède une copie de l'historique des transactions inscrites dans le grand livre. Dans cette technologie, les données confidentielles peuvent être chiffrées et seul l'utilisateur ou le propriétaire de ces données peuvent les déchiffrer et les partager avec d'autres. En définitive, les DLT sont une plateforme qui permet d'améliorer la transparence des marchés dans les chaînes d'approvisionnement et les marchés agricoles.

Des informations plus précises et plus riches sur les marchés peuvent être utilisées par les acteurs de la chaîne d'approvisionnement pour étayer leurs décisions en matière de production et de commercialisation. Elles peuvent également contribuer à l'élaboration de politiques agricoles et connexes. Les acteurs concernés sont notamment des gouvernements, des organisations intergouvernementales, voire des centres informatiques qui analysent des données pour les entreprises. D'autres acteurs de la chaîne d'approvisionnement (les agriculteurs par exemple), pourront accéder à des données sur les prix, à la situation de la demande sur les marchés de détail et

aux niveaux d'offre actuels sur des marchés spécifiques. Les producteurs et d'autres acteurs de la filière pourront ainsi intégrer de meilleures analyses dans leurs activités, mieux comprendre les préférences des consommateurs et y répondre de façon plus satisfaisante. En accédant plus largement à des données précises, tous les acteurs, en particulier les producteurs agricoles, pourraient obtenir des gains d'efficacité considérables dans les segments où le marché est le moins transparent. Ils pourraient également augmenter leurs ventes et réduire les pertes et gaspillages de nourriture grâce à des pratiques commerciales plus rentables et à des filières plus efficaces.

Les plateformes DLT ont le potentiel pour créer des opportunités de monétisation en tirant profit des grandes quantités des données de transaction. Premièrement, l'accumulation de données détaillées sur chaque transaction opérée dans les DLT permettra de créer une réputation et un historique pour tous les acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Deuxièmement, les DLT renforcent la confiance, la responsabilité et la prévisibilité entre les acteurs du marché. Les acteurs de la filière agricole peuvent désormais faire du commerce en toute confiance, sans intermédiaires, sachant que chaque participant dispose d'un historique transparent et que la base de données (DLT) et le contrat intelligent n'exécuteront le paiement que lorsque les accords contractuels seront respectés. Désormais, les petits exploitants, les MPME et d'autres acteurs du marché désavantagés disposeront aussi d'un historique et d'un système qui leur permettront de saisir de nouvelles opportunités de marché, car le risque que représente une transaction pour les deux parties sera considérablement réduit. En outre, les MPME qui luttent pour obtenir un crédit peuvent utiliser la masse de données qui sera à leur disposition pour fournir des preuves financières de la viabilité de leurs opérations aux établissements financiers. Enfin, étant donné que les DLT peuvent communiquer tout au long des chaînes d'approvisionnement, les exploitants sont incités à utiliser des méthodes agricoles plus coûteuses pour produire des biens de meilleure qualité qui peuvent être monétisés du fait de leur traçabilité et de leur transparence. Cette montée en gamme pourrait leur ouvrir de nouveaux débouchés sur des segments de marché spécialisés.

Il serait bon que la gouvernance et les institutions jouent un rôle important dans la création d'un contexte favorable à ces nouvelles technologies en adoptant des politiques et des programmes qui facilitent le développement des entreprises dans les filières agricoles. Or les données plus précises et accessibles générées par les DLT peuvent renforcer la capacité des acteurs publics et des organisations intergouvernementales (comme la FAO) à analyser les marchés, les acteurs du marché et les politiques agricoles et connexes pour élaborer des politiques mieux informées. Cette technologie permettra, en particulier dans les domaines où l'on constate un manque de données, ou de données précises, de créer des politiques plus «intelligentes» à partir de données plus «intelligentes». Ces domaines sont notamment: les capacités de production et la participation aux marchés en fonction de la situation géographique et des segments de la population, les données sur les intrants agricoles, les données sur les prix, les flux commerciaux, les préférences des consommateurs, le financement agricole, les subventions gouvernementales, les impôts et les droits de douane.

3.2.6 L'avenir des filières agricoles

Les DLT peuvent servir de technologie fondatrice qui intègre d'autres nouvelles technologies numériques dans sa plateforme afin d'améliorer en permanence la filière agricole. Ces autres technologies numériques, telles que l'intelligence artificielle, l'Internet des objets (IdO), les mégadonnées (big data) et l'impression 3D, pourraient toutes contribuer à la création d'une filière agricole plus efficace et mieux informée. Par exemple, l'IdO utilise des dispositifs et des capteurs pour recueillir des données sur les conditions et les caractéristiques de production, de traitement, de mouvement et de stockage des produits agricoles dans toute la chaîne d'approvisionnement. En outre, les nombreuses données générées par l'IdO pourraient enrichir les détails des transactions qui sont enregistrés sur les DLT dans les filières agricoles, et étayer les décisions prises dans ces filières. La gestion des mégadonnées s'appuie sur des algorithmes d'analyse pour élaborer des informations «digestibles» qui améliorent la prise de décision. L'intelligence artificielle, qui utilise l'apprentissage automatique et d'autres outils d'analyse, peut faciliter la prise de décision prédictive et axée sur les données. Les entreprises alimentaires pourront utiliser l'impression 3D pour concevoir des emballages

spécialisés incluant des capteurs de traçage intelligents pour suivre la progression des produits alimentaires dans les DLT. L'inaltérabilité et la sécurité des données enregistrées dans les DLT fournissent à ces technologies une plateforme solide qui leur permet de créer, d'utiliser et de stocker des données fiables et sécurisées.

3.3 Registres fonciers

Dans le monde entier, les moyens d'existence et le développement économique des êtres humains passe par des droits de propriété garantis et officiels. Or l'accès à ces droits et leur maintien continuent de poser des problèmes majeurs dans tous les pays. On estime que 70 pour cent des personnes n'ont pas accès à un titre de propriété foncière ou à une démarcation appropriée dans le monde (Heider et Connelly 2016). Les registres fonciers sont généralement gérés par l'État et leur niveau de qualité dépend donc du niveau de corruption, de l'organisation et du fonctionnement global des institutions nationales. En outre, les systèmes d'enregistrement foncier utilisent peu de technologies et sont largement inefficaces. Ils dépendent généralement de documents papier, de signatures manuscrites et d'une main-d'œuvre manuelle pour enregistrer les titres. Les erreurs et la fraude peuvent être des pratiques courantes, ce qui entraîne des litiges coûteux.

Les DLT peuvent remédier à bon nombre des lacunes des registres fonciers traditionnels. Premièrement, ils fournissent une méthode sûre, rapide et inaltérable d'enregistrement des titres fonciers, ce qui favorise la confiance dans la fiabilité du système. L'historique immuable et traçable des transactions protège les agriculteurs et les propriétaires fonciers contre la corruption et la fraude et contribue à résoudre les différends qui se produiront lorsque les terres seront enregistrées. En rétablissant la confiance dans les registres fonciers, les propriétaires fonciers auront accès à des titres fonciers officiels qui débloqueront des quantités importantes de capital. Ces titres et les nouveaux capitaux leur permettront d'utiliser des terres comme garantie pour accéder aux marchés du crédit. Deuxièmement, la numérisation des registres fonciers au moyen des DLT peut réduire les coûts financiers et le temps consacré à l'enregistrement des titres fonciers, car elle élimine le système fondé sur le papier et le traitement manuel, qui est gros consommateur de main-d'œuvre.

De nombreux pays ont déjà commencé à mettre en œuvre des projets de transfert de registres fonciers vers les DLT. Bitland collabore avec les responsables du projet d'administration des biens fonciers et les autorités nationales du Ghana pour recenser les terres et enregistrer les titres de propriété dans sa chaîne de blocs. Les initiatives en cours visent à résoudre le problème des litiges fonciers qui se posent au Ghana depuis plus de 17 ans (Aitken 2016), et Bitland estime que les applications basées sur la chaîne de blocs sont la solution. Des projets similaires ont été mis en œuvre par BenBen au Ghana, Bitfury en Géorgie, Factom au Honduras, ChromaWay en Suède pour n'en citer que quelques-uns. L'un des principaux problèmes à résoudre dans ce domaine est d'abord de clarifier la propriété foncière afin d'enregistrer les terres sur la chaîne de blocs. Le processus de clarification des droits de propriété peut faire l'objet de corruption et de litiges et reste un obstacle en matière de transparence des registres fonciers.

3.4 Accords internationaux relatifs à l'agriculture

3.4.1 Accords de l'OMC sur l'agriculture

Les DLT peuvent également améliorer la mise en œuvre et le suivi des accords de l'OMC et des principales dispositions pertinentes pour le commerce agricole. Premièrement, comme mentionné ci-dessus, les contrats intelligents peuvent automatiquement répartir les droits de douane lors du passage des marchandises à la douane, et les DLT peuvent stocker des données précises sur les barèmes tarifaires. Ces systèmes permettront d'accroître la transparence et la responsabilité à l'égard des obligations contractées par chaque pays en matière de droits de douane et d'améliorer les données tarifaires. Deuxièmement, le renforcement de la traçabilité et de la transparence améliorera la capacité de faire respecter l'Accord SPS de l'OMC. Les détails des transactions enregistrées dans les filières agricoles et les certifications numériques téléchargées sont d'une grande qualité et devraient inclure les mesures SPS adoptées dans l'ensemble de la chaîne d'approvisionnement. Ces données permettront de vérifier facilement la conformité aux normes internationales, compléteront les preuves

scientifiques à l'appui des mesures adoptées et fourniront des informations sur la localisation géographique des foyers épidémiques lorsque des cas de non-conformité seront constatés dans le cadre de la surveillance des normes SPS. Troisièmement, le degré élevé de traçabilité des DLT améliorera la capacité de faire respecter les règles d'origine pour garantir la sécurité sanitaire des aliments et de vérifier que des droits de douane précis s'appliquent au produit en question. Quatrièmement, la traçabilité et la transparence des DLT constituent également une plateforme efficace pour surveiller les droits de propriété intellectuelle et les indications géographiques dans le cadre de l'Accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ADPIC) de l'OMC. Dans l'ensemble, les DLT peuvent accroître la responsabilisation et la transparence en ce qui concerne le respect des règles du commerce international en matière d'agriculture.

3.4.2 *Changement climatique*

Les incidences négatives du changement climatique sur la production agricole et les défis qui doivent être relevés pour améliorer la sécurité alimentaire ont été étudiés de façon approfondie (FAO 2016). Les DLT peuvent contribuer à l'atténuation des effets du changement climatique de deux façons. Premièrement, ils constituent une plateforme qui facilite la communication de rapports et le suivi des engagements pris par les pays dans le cadre de l'Accord de Paris sur le changement climatique, notamment les engagements pris au niveau national, le bilan mondial, les résultats des mesures d'atténuation transférées au niveau international, le financement du climat et le financement «vert». Deuxièmement, les marchés des crédits carbone pourraient tirer profit des DLT en les utilisant comme place pour échanger des crédits. Les DLT réduiraient les frictions et apporteraient une approche plus transparente et plus efficace de la comptabilisation et de la compensation du carbone (IBM 2018b). En conclusion, ces deux applications peuvent bénéficier d'une transparence, d'une efficacité et d'une responsabilisation accrues en matière d'atténuation des effets du changement climatique.

INCIDENCES DES POLITIQUES PUBLIQUES SUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET LE DÉVELOPPEMENT RURAL

Les politiques publiques visent à créer des conditions qui stimulent la croissance économique inclusive dans le secteur agricole, encouragent le développement rural et contribuent à la sécurité alimentaire. Il faut en outre que ces politiques soient bien conçues pour réaliser les objectifs de développement durable (ODD), qui ont une importance particulière pour les pays en développement. L'utilisation des DLT dans les chaînes d'approvisionnement agricole, les registres fonciers et les services financiers peut aider le secteur public à atteindre ses objectifs stratégiques en matière de sécurité alimentaire et de développement rural et à donner l'impulsion nécessaire à la réalisation des ODD.

4.1 *Amélioration de la fluidité des échanges et renforcement de la sécurité alimentaire grâce à des institutions efficaces, à la traçabilité et à la transparence des marchés*

L'Accord de facilitation du commerce de l'OMC souligne que l'objectif commun des politiques nationales est de réduire les coûts, d'éviter les retards et de réduire l'incertitude dans le commerce agricole. Une meilleure fluidité des échanges peut jouer un rôle clé dans la réalisation de l'objectif 2 du Millénaire pour le développement visant à éliminer la faim et à améliorer la sécurité alimentaire. En fluidifiant les échanges nationaux et internationaux par l'intermédiaire de filières agricoles efficaces et transparentes, les DLT et les contrats intelligents apportent une contribution importante à l'amélioration des échanges. En effet, ils fournissent une infrastructure institutionnelle plus efficace et efficiente pour les transactions qui s'opèrent dans les filières agricoles, améliorent la traçabilité et la transparence au profit de la sécurité sanitaire et de la qualité des aliments et accroissent la transparence des marchés.

Les infrastructures institutionnelles jouent ici un rôle important car elles facilitent la libre circulation des biens, des services, des investissements et de la main-d'œuvre dans le secteur agricole. Le manque d'infrastructures institutionnelles efficaces est un des principaux facteurs qui entravent les échanges et maintiennent la productivité à des niveaux faibles dans de nombreux pays en développement. Les DLT servent d'institutions de confiance numérique qui offre un système de gestion des transactions et des enregistrements plus transparent et efficace que les institutions privées et publiques traditionnelles. Grâce à la désintermédiation des transactions, les DLT remplacent les processus inefficaces de vérification, d'établissement de contrats et de règlement fournis par les institutions pour exécuter les transactions. Certaines formes d'institutions n'ont donc plus besoin d'effectuer des transactions intermédiaires dans les filières agricoles, qui sont coûteuses en général et qui le sont plus encore dans les pays en développement. En outre, les contrats intelligents renforcent les infrastructures institutionnelles en réduisant le nombre de parties concernées et en éliminant la nécessité de faire appel à certains types d'institutions qui sont actuellement garantes du processus contractuel. Les contrats intelligents et les DLT automatisent le processus contractuel en temps réel et permettent aux acteurs de la chaîne d'approvisionnement de réaliser des économies sur les frais de transaction et les coûts juridiques.

À terme, la réduction des coûts de transaction grâce aux DLT et aux contrats intelligents peut contribuer aux objectifs politiques visant à accroître la productivité et l'efficacité des filières agricoles. Elle permettra également de diminuer les coûts de fonctionnement, d'augmenter les revenus des petits exploitants, des MPME et d'autres acteurs, et de faire baisser les prix des denrées alimentaires pour les consommateurs. Les gains d'efficacité générés par ces technologies peuvent renforcer les revenus des ruraux et améliorer ainsi la sécurité alimentaire. En outre, les technologies peuvent renforcer la responsabilité et la transparence dans les transactions publiques, telles que les programmes de subventions, les impôts (TVA, droits de douane, etc.), les programmes environnementaux, la protection sociale, les programmes de développement pilotés par l'État et les accords internationaux, entre autres.

Un objectif commun de politique publique dans le secteur agricole est d'assurer la sécurité sanitaire et la qualité des produits agricoles tant dans le commerce que dans la production intérieure. Les DLT constituent une plateforme idoine pour une traçabilité et une transparence accrues en matière de sécurité sanitaire des aliments et de conformité aux normes SPS. Les DLT, de par leur capacité à retracer la provenance d'un produit, à porter des attributs détaillés dans chaque transaction et à assurer sa traçabilité, ont un potentiel d'amélioration considérable de la sécurité sanitaire des aliments car cette technologie permet de réagir plus rapidement aux foyers épidémiques et aux produits agroalimentaires contaminés. Les améliorations potentielles concernent également les certifications environnementales et de durabilité, la lutte contre la fraude alimentaire et la réduction des frictions aux frontières.

La transparence des marchés et l'amélioration des informations sur les marchés sont considérées comme des facteurs clés pour renforcer la sécurité alimentaire dans le monde entier. Les DLT sont une plateforme parfaitement adaptée à ces objectifs dans la mesure où l'on peut exploiter les très nombreuses données générées par les transactions dans les filières agricoles. Outre les gains d'efficacité considérables que cela représente pour les acteurs de la filière, l'amélioration de l'accès à des informations plus précises sur les marchés peut renforcer le système alimentaire mondial et réduire l'incidence et l'impact des hausses de prix qui constituent une menace majeure pour la sécurité alimentaire. Une meilleure fluidification des échanges peut résulter d'une combinaison de facteurs tels que la réduction des frais de transaction et des frais juridiques, l'automatisation des procédures contractuelles, le règlement en temps réel et l'amélioration de la traçabilité et de la transparence.

4.2 Améliorer les résultats du développement rural en faveur d'une croissance économique inclusive

Les politiques de développement rural doivent mettre l'accent en priorité sur la croissance économique inclusive et l'augmentation des revenus des micro, petites et moyennes entreprises qui participent à la filière agricole. Les DLT offrent une plus grande inclusion économique et financière aux acteurs du marché défavorisés, comme les petits exploitants et les MPME. La transparence, les dossiers numériques et la confiance accrue qui découle de l'utilisation des DLT et des contrats intelligents permettent aux acteurs du marché défavorisés d'établir une identité numérique et un historique de leurs activités, ce qui leur permettra de prouver leur solvabilité auprès des établissements financiers et de saisir de nouvelles opportunités commerciales, d'autant que les contrats intelligents réduisent considérablement le risque de faire du commerce avec les MPME. Ces nouvelles opportunités commerciales et l'accès aux services financiers peuvent stimuler le développement économique des petits exploitants et des MPME.

Les envois de fonds sont une forme de protection sociale qui contribue à la croissance économique ainsi qu'à la réalisation des ODD dans un certain nombre de domaines (Ponsot et al. 2017). Ces transferts aident généralement les populations pauvres et vulnérables à réduire la pauvreté et à améliorer l'accès aux soins de santé, à la nutrition, à l'éducation, au logement et à l'assainissement, à l'esprit d'entreprise et à l'inclusion financière. Ils contribuent également à diminuer les inégalités, en particulier dans les zones rurales. Les envois de fonds sont généralement soumis à des frais de transfert élevés et des taux de change volatils et les points de collecte sont parfois situés dans des lieux dont l'accès n'est pas toujours facile pour certaines populations rurales. En fournissant un point de paiement transfrontalier en temps réel avec des frais de transaction faibles, les DLT peuvent améliorer l'accès aux paiements nets des prestations sociales (envois de fonds par exemple) et contribuer directement à la réalisation de l'ODD 10.C¹⁰ en réduisant considérablement les coûts de transaction au plus grand profit des bénéficiaires. Le paiement des prestations au moyen des DLT permet d'établir une identité numérique, qui est utilisée dans le cadre du processus «Know your customer» pour vérifier l'identité d'un client ou d'un consommateur, et de fournir un système numérique pour la conversion des monnaies (Niforos 2017a). En outre, les contrats intelligents peuvent déclencher automatiquement les envois de fonds à l'institution financière du bénéficiaire et en informer l'organisme de réglementation approprié. Au final, les gains d'efficacité réalisés par les DLT en ce qui concerne les envois de fonds auront une influence très positive sur les programmes de protection sociale en faveur du développement rural.

Les droits fonciers garantis et officiels sont au cœur de la politique de développement rural et sont couverts par l'ensemble des ODD. À ce titre, ils sont un élément essentiel pour stimuler le développement économique et assurer la sécurité alimentaire, en particulier dans les zones rurales. L'absence de registres fonciers fiables peut entraîner des conflits, la corruption et la pauvreté. Les DLT, qui sont une méthode sûre, rapide et inviolable d'enregistrement des titres fonciers, apportent une plus grande clarté juridique aux régimes fonciers. L'historique inaltérable et traçable des transactions protège les agriculteurs et les propriétaires fonciers contre la corruption et la fraude, contribue au règlement des litiges lorsque les terres sont enregistrées, libère de grandes quantités de capitaux et permet aux agriculteurs et aux autres entreprises des zones rurales d'exploiter pleinement ce bien précieux.

Enfin, les DLT peuvent aussi donner des résultats positifs en ce qui concerne l'inclusion des femmes dans les filières agricoles, l'accès aux services financiers et la propriété foncière. À l'instar d'autres acteurs du marché défavorisés tels que les MPME, les femmes (en tant que personnes et entrepreneures) n'ont pas suffisamment accès aux services financiers pour le crédit, l'épargne et l'assurance, ce qui freine la croissance en définitive. Les DLT peuvent aider les femmes à surmonter

¹⁰ L'ODD 10.C vise, d'ici à 2030, à «faire baisser au-dessous de 3 pour cent les coûts de transaction des envois de fonds effectués par les migrants et éliminer les couloirs de transfert de fonds dont les coûts sont supérieurs à 5 pour cent». Voir <https://sustainabledevelopment.un.org/>.

les difficultés qu'elles ont, comparativement, à s'identifier officiellement et donc à accéder à des services financiers (Banque mondiale 2018a), en créant une identité numérique économique et efficace. Ils peuvent également fournir des points d'entrée pour des rôles formels et la rémunération dans les filières agricoles (Niforos 2017b). En outre, les DLT peuvent donner aux femmes des titres fonciers garantis et protéger leur propriété en cas de litige foncier.

LA VOIE À SUIVRE POUR LA TECHNOLOGIE DES GRANDS LIVRES DISTRIBUÉS

5.1 Problèmes et risques concernant la technologie des grands livres distribués

L'évolution des DLT s'accompagne d'un certain nombre de problèmes techniques, réglementaires et institutionnels qui doivent être réglés pour que la technologie parvienne à maturité et puisse être généralisée et mise à disposition à grande échelle. Il est bon de préciser que les DLT ne sont pas une panacée pour le secteur agroalimentaire, mais que cette technologie exprimera son potentiel considérable si les défis que pose son adoption généralisée peuvent être relevés.

5.1.1 Défis techniques

Sur le plan technique, l'évolution des chaînes de blocs a permis de développer des DLT publics et privés, qui utilisent tous deux des algorithmes de consensus différents pour valider les données d'entrée. Les travaux de développement actuels s'appuient sur un large éventail de mécanismes de consensus et de types de DLT différents. Comme on l'a vu au point 2 ci-dessus, chaque algorithme présente des avantages et des inconvénients, qu'il convient de bien comprendre avant de choisir le plus approprié à une application spécifique. Par exemple, les DLT publics utilisent un algorithme de consensus baptisé «preuve de travail» dont la consommation d'énergie élevée, le faible rapport coût-efficacité et la vitesse de transaction freinent son évolutivité. Dans les DLT avec autorisation, les algorithmes de consensus basés sur la loterie ou le vote ont une meilleure évolutivité et une meilleure finalité de transaction, mais l'anonymat et l'identité font l'objet d'un compromis. On voit donc que la compréhension des aspects techniques de chaque DLT déterminera le succès et l'impact de la technologie sur le terrain. C'est pourquoi les plateformes à source ouverte sont si importantes à cet égard, ainsi que la volonté des communautés technologiques de partager les codes et les approches techniques du développement des DLT. En outre, les initiatives actuelles s'appuient sur des DLT publics et privés, ce qui nécessitera d'améliorer l'interopérabilité entre les types de registres. La portabilité des données entre les différents DLT impose l'établissement de normes claires sur la protection des données pour déterminer comment celles-ci doivent être stockées et partagées entre les DLT publics et privés.

En outre, l'accessibilité des données est un enjeu majeur qui demande une attention particulière à mesure que le développement de la technologie se poursuit. En effet, l'accès aux données dans les DLT peut être privé ou partagé, selon les règles sur lesquelles ils sont fondés, la finalité de la plateforme, ainsi que les préférences des utilisateurs. Il existe de nombreux types différents de DLT avec autorisation, qui ont chacune des approches distinctes de l'accessibilité des données. Ces approches évoluent et les meilleures méthodes de protection des données et de transparence des DLT sont encore en cours d'élaboration et d'expérimentation. Certes, les transactions comprennent certains types d'informations confidentielles, notamment des données à caractère personnel, qui ne devraient pas être rendues publiques, mais dans une transaction entre un agriculteur et un commerçant, par exemple, le prix payé pour une tonne de blé devrait-il être caché, protégé ou divulgué et partagé? La décentralisation des transactions dans les DLT donne aux utilisateurs la propriété et le contrôle de leurs données et le choix des personnes avec qui les partager, mais les DLT destinés aux filières agricoles devraient être développés avec des principes fondamentaux incorporés afin que le marché soit plus transparent et ouvert. Sachant que la transparence est une caractéristique essentielle des chaînes de blocs, il convient d'examiner attentivement les types de données qu'il faudrait protéger et divulguer ainsi que la façon dont on peut développer des DLT pour encourager l'échange de données entre les acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Un véritable accès aux données est crucial si l'on

veut pleinement exploiter les capacités, considérables, des DLT à améliorer la transparence des marchés.

5.1.2 *Défis institutionnels*

Sur le plan institutionnel et réglementaire, un autre défi majeur est de fusionner les cadres juridiques complexes actuels, notamment ceux qui régissent les droits de propriété et de possession dans les chaînes d'approvisionnement et au-delà des frontières, avec les DLT et les contrats intelligents. Premièrement, le secteur des nouvelles technologies, en collaboration avec le secteur agroalimentaire, doit élaborer, pour les structures des grands livres distribués et des contrats, un certain nombre de bonnes pratiques et de normes qui traversent les juridictions nationales et ont une dimension internationale (Casey et Wong 2017). En outre, les secteurs privé et public doivent être prêts à faciliter la transition entre les systèmes existants, centralisés, et les systèmes de bases de données distribuées. Durant cette période de transition et au-delà, les secteurs industriels devront élaborer des plans et des procédures pour faciliter la coexistence de différents systèmes. Il serait bon à cet égard d'élaborer un ensemble de normes communes qui facilitent l'interopérabilité entre les DLT et les systèmes existants afin de faciliter la généralisation de cette nouvelle technologie. Des structures de gouvernance appropriées aux niveaux national, régional et international devront être mises en place pour établir les cadres réglementaires et les normes qui s'appliquent, ou qui seront intégrées, aux DLT destinés aux chaînes d'approvisionnement mondiales et au commerce international. Un certain nombre d'organismes internationaux pourraient jouer ce rôle de gouvernance dans les filières agricoles, le commerce international et le développement rural, notamment le Sommet mondial sur la société de l'information¹¹, l'Organisation mondiale du commerce et le Forum économique mondial.

Le succès des DLT dépendra en grande partie de la façon dont le secteur public les adoptera et les fera connaître. Sachant qu'il s'agit d'une technologie qui favorise la transparence, l'inaltérabilité, la traçabilité et l'efficacité, les gouvernements devront prendre des mesures (telles que les transactions et les enregistrements) qui montreront aux participants du réseau de DLT et aux citoyens du monde entier qu'ils ont la volonté de la mettre en œuvre. Les gouvernements devront prendre leur responsabilité dans ce domaine et ne pas se dérober, ce qui pourrait être considéré comme une tentative de retarder l'adoption de cette technologie globalement bénéfique, voire d'en réduire la portée au minimum.

5.1.3 *Défis en matière d'infrastructure et de renforcement des capacités*

Les DLT ne peuvent être appliquées que si une connexion Internet est disponible, ce qui peut encore poser un problème dans certains pays en développement. Des données récentes de 2016 montrent qu'environ quatre milliards de personnes n'avaient pas accès à Internet et que la plupart se trouvent dans des pays en développement (UIT 2016). Il est donc impératif, pour que les populations des pays en développement puissent accéder aux DLT, que les services Internet soient généralisés, en particulier en Afrique, dans certaines parties de l'Asie et du Pacifique et dans les États arabes où le pourcentage d'utilisateurs d'Internet est le plus faible (UIT 2016).

L'utilisation de clés publiques et privées pour le chiffrement des données dans les DLT peut freiner l'adoption des DLT dans certains pays en développement. Par ailleurs, l'absence d'infrastructures à clés publiques dans certains pays en développement fait obstacle à l'utilisation des DLT (Zambrano 2017). Il s'agit d'un ensemble de règles, de politiques et de procédures pour le transfert électronique sécurisé d'informations, qui est le système actuellement utilisé pour gérer le chiffrement asymétrique et établir la propriété des paires de clés. Dès lors, il faut soit élaborer et adopter d'autres solutions, soit développer des infrastructures à clef publique dans les pays en développement où elles font défaut

¹¹ Le Sommet mondial pour la société de l'information (SMSI) est une plateforme multipartite qui facilite la mise en œuvre des lignes d'action du SMSI pour faire progresser les TIC au service du développement durable (SMSI 2018).

La complexité des DLT pourrait poser un problème de compréhension qui pourrait freiner son adoption à court terme et sa généralisation. En outre, le processus d'intégration de tous les acteurs des filières agricoles dans les DLT sera difficile et prendra du temps. En effet, il ne faut pas s'attendre à ce que tous les participants adoptent immédiatement la technologie, car il y aura probablement des hésitations et des résistances de la part de certains acteurs, d'autant qu'ils n'auront pas les compétences et connaissances requises. Par ailleurs, les acteurs du marché devront utiliser un téléphone mobile pour employer les DLT. Enfin, l'accès aux données et le développement d'applications exigent des compétences numériques dont les entreprises auront besoin. Le manque de ces compétences empêchera les MPME d'adopter la technologie, ce qui pourrait finir par les marginaliser encore davantage, au moins initialement, ou jusqu'à ce qu'elles augmentent leurs capacités dans ce domaine. Des programmes ambitieux de sensibilisation et de renforcement des capacités des gouvernements, des organisations intergouvernementales et des partenaires de développement seront nécessaires pour toutes les parties prenantes

La technologie des DLT, même si elle n'est que partiellement adoptée dans filières agricoles, fournira néanmoins des avantages considérables. En outre, le processus d'intégration de tous les acteurs des filières agricoles dans les DLT sera difficile et prendra du temps. Pendant la production, l'agriculteur fournit des informations détaillées sur les denrées alimentaires qu'il produit (type, pratiques, date de récolte, etc.), et l'entreprise de transport charge les produits fraîchement récoltés. L'arrivée des produits au supermarché est le prochain point visible sur le DLT. Le supermarché enregistre la livraison sur le DLT, et le contrat intelligent envoie une confirmation à l'agriculteur que la livraison est terminée. Malgré l'absence d'informations sur le transport, la chaîne d'approvisionnement continue néanmoins de bénéficier du système. Si, dans le même exemple, c'est l'entreprise de transport qui utilise les DLT et pas l'agriculteur, les produits alimentaires pourraient être de toute façon retracés jusqu'à l'exploitation agricole à partir des confirmations données par le transporteur. Cela étant, il est essentiel que les points d'origine des produits agricoles soient enregistrés dans les chaînes de blocs afin de disposer d'informations détaillées sur la production.

5.2 La voie à suivre pour le secteur public

Malgré la popularité croissante des DLT durant la dernière décennie, une certaine ignorance continue de régner concernant les aspects techniques de la technologie, ses applications potentielles, ses défis et la voie à suivre pour de nombreux gouvernements, organisations intergouvernementales et acteurs de la chaîne d'approvisionnement. Afin de tirer profit des DLT pour développer des filières agricoles inclusives et atteindre les objectifs de politique publique en matière de développement rural et de sécurité alimentaire, les gouvernements et les organisations intergouvernementales doivent renforcer leurs capacités afin de soutenir le développement et la mise en œuvre de cette innovation dans un certain nombre de domaines. Premièrement, le secteur public doit s'efforcer de mieux comprendre la manière dont les DLT peuvent améliorer la transparence, l'efficacité et la traçabilité dans les filières agricoles et contribuer à la réalisation de leurs objectifs politiques. L'enrichissement de cette base de connaissances permettra aux pouvoirs publics de s'engager à développer, à utiliser et à promouvoir la technologie.

Deuxièmement, le secteur public doit contribuer au développement et à la mise en œuvre des DLT afin de les ouvrir aux petits exploitants et aux MPME qui interviennent dans les filières agricoles et qu'elles soient plus accessibles à cette catégorie d'acteurs. Cela signifie que le secteur public (gouvernements et organisations intergouvernementales) devrait engager le dialogue avec le secteur privé (entreprises technologiques et agro-entreprises) sur des questions techniques ayant trait à la recherche-développement, par exemple sur la question de l'accessibilité des données. En outre, les gouvernements, de concert avec les organisations intergouvernementales axées sur l'agriculture, devraient s'associer en vue de créer un groupe de travail intergouvernemental sur les DLT dans l'agriculture afin d'être les premiers à fournir des orientations stratégiques sur leur utilisation dans les filières agricoles et le développement rural. Il existe d'autres plateformes multipartites potentielles dont le champ d'application pourrait être élargi pour traiter ce sujet, notamment la ligne d'action pour l'«e-agriculture» dans le Plan d'action de Genève du Sommet mondial pour la société de l'information (qui pourrait également se concentrer sur l'application des technologies de l'information

et de la communication dans l'agriculture), ainsi que l'Initiative du système du Forum économique mondial sur l'avenir de l'alimentation.

Les gouvernements devront élaborer des règlements et des normes applicables aux DLT en général et aux chaînes d'approvisionnement en particulier, afin d'opérer la transition entre les systèmes existants et la nouvelle technologie. Afin de renforcer le partenariat entre les secteurs public et privé dans le développement des DLT, il pourrait être utile de promouvoir le développement des chaînes de blocs dans le secteur privé en créant un «cadre réglementaire propice à l'innovation» [regulatory sandbox]¹² à l'échelon mondial dans les cas où l'utilisation de la nouvelle technologie serait prometteuse dans les filières agricoles et le développement rural (Maupin 2017b). Ce cadre permettrait de tester et de perfectionner différentes architectures techniques de DLT dans un environnement où les innovateurs peuvent coopérer avec des régulateurs nationaux et internationaux pour apporter une solution à différentes préoccupations réglementaires transfrontalières et d'autres (Maupin 2017a). À l'avenir, les organisations intergouvernementales axées sur l'agriculture devraient envisager de tirer profit des produits de la connaissance existants et d'élaborer des lignes directrices pour faciliter le développement de chaînes de blocs inclusives dans les filières agricoles. Enfin, les pouvoirs publics, les organisations intergouvernementales et les partenaires de développement joueront un rôle vital dans les mesures de sensibilisation qui seront prises pour améliorer les infrastructures et les compétences numériques dans les zones rurales, notamment des projets pilotes dans les filières agricoles.

CONCLUSIONS

Les DLT sont une occasion unique pour le secteur agricole. La plateforme technologique crée un nouveau tiers de confiance numérique pour réduire l'incertitude entre acheteurs et vendeurs et accroître l'efficacité, la transparence et la traçabilité de l'échange de valeur et d'informations, qui est fondamental pour le secteur agricole et l'ensemble de l'économie mondiale. En supprimant les frictions et les intermédiaires grâce à un réseau simplifié de transactions entre pairs et à l'utilisation de contrats intelligents, des gains d'efficacité peuvent être réalisés dans les filières agricoles, le financement agricole et le secteur agricole dans son ensemble. Grâce à une transparence accrue et à des informations détaillées de meilleures qualités sur les transactions, les DLT apportent des améliorations à la sécurité sanitaire et la qualité des aliments (comme la durabilité des produits) et à la sensibilisation des consommateurs. Les masses de données issues des transactions peuvent également améliorer les informations sur les marchés et leur transparence, ce qui pourrait profiter énormément aux pays à revenu faible ou intermédiaire. Grâce aux actifs numériques et physiques enregistrés sur les DLT, les acteurs de la filière agricole ont la possibilité de créer un profil et un historique qui leur sont nécessaires pour accéder pleinement aux services financiers et aux nouvelles opportunités commerciales, ce qui est particulièrement avantageux pour les acteurs défavorisés tels que les petits exploitants, les MPME et les femmes. Enfin, les DLT peuvent aider les gouvernements à atteindre leurs objectifs de politique publique en matière de croissance économique inclusive dans le secteur agricole, de développement rural et de sécurité alimentaire, et à jouer le rôle de catalyseur pour mettre en place le développement durable et réaliser les ODD.

Les DLT posent également un certain nombre de problèmes qui freinent le déploiement et l'utilisation de cette technologie dans les pays à revenu élevé, intermédiaire et faible. Actuellement, les sociétés de haute technologie, les chefs de file de l'industrie alimentaire et des boissons et même certains gouvernements élaborent et expérimentent des concepts et des applications pour déterminer ses possibilités et ses limites dans le secteur alimentaire et agricole. Afin d'exploiter tout le potentiel des DLT pour l'alimentation et l'agriculture, il faut avant tout relever un certain nombre de défis

¹² Selon la *Financial Conduct Authority* du Royaume-Uni, un «regulatory sandbox» est un espace protégé où les innovateurs peuvent tester leurs produits et leurs modèles commerciaux sans respecter toutes les exigences légales tout en étant sous la supervision étroite du gouvernement pendant une période prédéfinie (FCA 2015). Pour de plus amples explications sur les raisons pour lesquelles un tel cadre réglementaire est nécessaire dans le contexte du développement des DLT, voir Maupin (2017b).

(techniques, institutionnels, logistiques, renforcement des capacités) pour que la technologie puisse exprimer son potentiel. Il faut aussi continuer à améliorer les infrastructures et les compétences numériques, en particulier dans les pays en développement et dans les zones rurales. À mesure que les DLT continuent de se développer et d'évoluer, la communauté internationale devrait veiller à ce que leur développement et leur mise en œuvre se fassent de manière inclusive et bénéfique pour le secteur agroalimentaire dans son ensemble. La technologie a un potentiel qui lui permettrait de relever les défis auxquels sont confrontés les MPME, notamment en leur permettant de participer à des chaînes de valeur intégrées.

Au rythme actuel de développement, les entreprises agroalimentaires multinationales seront certainement les premières à mettre en œuvre la technologie des DLT dans le secteur. Afin de garantir que tous les acteurs du marché bénéficient des gains de productivité générés par les DLT, il est important que les organisations intergouvernementales spécialisées dans l'agriculture prennent l'initiative de sensibiliser, de développer la capacité des parties prenantes agricoles à adopter les DLT et de promouvoir la coopération internationale entre les secteurs public et privé pour développer et mettre en œuvre des DLT inclusifs dans le secteur agricole. Une coopération fondée sur des partenariats entre les secteurs public et privé sera probablement le moyen le plus rapide et le plus efficace de développer des DLT, de créer un environnement réglementaire approprié et d'opérer une transition entre les systèmes existants et la nouvelle plateforme technologique. Les organisations orientées vers l'agriculture devraient continuer d'améliorer leur base de connaissances et de conceptualiser les types d'assistance technique nécessaires pour préparer et encourager les acteurs du secteur agricole et les gouvernements à jouer un rôle actif dans les filières agricoles qui incorporent des chaînes de blocs. Les chefs de file du secteur industriel continuent d'innover et de mettre au point des solutions de DLT, mais des recherches supplémentaires sont néanmoins nécessaires pour analyser de façon plus approfondie ces applications et leurs répercussions potentielles sur le secteur agricole. Les organisations intergouvernementales axées sur l'agriculture devraient également étudier les applications possibles des DLT pour améliorer l'efficacité de leurs opérations.

L'histoire a montré que les progrès technologiques qui génèrent des gains de productivité s'imposent indépendamment de l'opinion publique. Les DLT continueront d'être adoptés dans l'économie mondiale et de façonner l'avenir de l'agriculture tant que les gains de productivité seront réels. Il est donc impératif que la communauté internationale veille à ce que les pays en développement et les acteurs désavantagés du marché tirent également profit des avantages générés par les DLT. Il serait bon également que le secteur agroalimentaire comprenne ces possibilités et se prépare aux changements à venir.

BIBLIOGRAPHIE

Aglionby, J. 2018. "Kenya's 4G Capital Plans Tokenised Bond via Cryptocurrency." *Financial Times*, 16 March. www.ft.com/content/e20305f0-28da-11e8-b27e-cc62a39d57a0.

Agricultural Market information System (AMIS). 2012. *Enhancing Market Transparency*. www.amis-outlook.org.

Aitken, R. 2016. "Bitland's African Blockchain Initiative Putting Land on the Ledger." *Forbes*, 5 April. www.forbes.com/sites/rogeraitken/2016/04/05/bitlands-african-blockchain-initiative-putting-land-on-the-ledger/#4f0f895f7537.

Allison, I. 2016. "Skuchain: Here's How Blockchain Will Save Global Trade a Trillion Dollars." *International Business Times*, 8 February. www.ibtimes.co.uk/skuchain-heres-how-blockchain-will-save-global-trade-trillion-dollars-1540618.

Auboin, M. 2015. "Improving the Availability of Trade Finance in Developing Countries: An Assessment of Remaining Gaps." CESifo Working Paper Series No. 5784. Geneva: World Trade Organization. www.wto.org/english/res_e/reser_e/ersd201506_e.pdf.

Bacchi, U. 2017. "U.N. Glimpses into Blockchain Future with Eye Scan Payments for Refugees." *Reuters*, 21 June. www.reuters.com/article/us-un-refugees-blockchain/u-n-glimpses-into-blockchain-future-with-eye-scan-payments-for-refugees-idUSKBN19C0BB.

Belinky, M., E. Rennick and A. Veitch. 2015. "The Fintech 2.0 Paper: Rebooting Financial Services." Oliver Wyman, Anthemis Group and Santander Innoventures. <http://santanderinnoventures.com/wp-content/uploads/2015/06/The-Fintech-2-0-Paper.pdf>

Besnainou, J. 2017. "Blockchain and Supply Chain Financing: A Conversation with Skuchain." CleanTech Group, 12 October. www.cleantech.com/blockchain-and-supply-chain-financing-a-conversation-with-skuchain/.

Bloomberg. 2018. "Dreyfus Teams With Banks for First Agriculture Blockchain Trade." *Bloomberg News*, 22 January. www.agweb.com/article/dreyfus-teams-with-banks-for-first-agriculture-blockchain-trade-blmg/.

Cant, B., A. Khadikar, A. Ruiter, J. B. Bronebakk, J. Coumaros, J. Buvat and A. Gupta. 2016. *Smart Contracts in Financial Services: Getting from Hype to Reality*. Capgemini Consulting. www.capgemini.com/consulting-de/wp-content/uploads/sites/32/2017/08/smart_contracts_paper_long_0.pdf.

Cant, B., C. Vergne, C. Evans and M. Weimert. 2015. *Blockchain: A Fundamental Shift for Financial Services Institutions*. Capgemini Consulting. www.capgemini.com/wp-content/uploads/2017/07/blockchain_pov_2015.pdf.

Casey, M.J., and P. Wong. 2017. "Global Supply Chains are About to Get Better, Thanks to Blockchain." *Harvard Business Review*, 13 March. <https://hbr.org/2017/03/global-supply-chains-are-about-to-get-better-thanks-to-blockchain>.

CoinDesk. 2018. *CoinDesk ICO Tracker*. www.coindesk.com/ico-tracker/.

DiCaprio, A., K. Kim and S. Beck. 2017. "2017 Trade Finance Gaps, Growth, and Jobs Survey." ADB Briefs No. 64, Asian Development Bank. <http://dx.doi.org/10.22617/BRF178995-2>.

Elison, M. 2016. "Several Global Banks Join Ripple's Growing Network." *Ripple Insights*, 15 September. <https://ripple.com/insights/several-global-banks-join-ripples-growing-network/>.

- FAO. 2014. *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2014: Ouvrir l'agriculture familiale à l'innovation*. Rome: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FAO. 2016. *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture 2016: Changement climatique, agriculture et sécurité alimentaire*. Rome: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FAO. 2017. *L'avenir de l'alimentation et de l'agriculture: Tendances et défis*. Rome: Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.
- FCA. 2015. *Regulatory Sandbox*. Pub. Ref.: 005147. London: Financial Conduct Authority. www.fca.org.uk/publication/research/regulatory-sandbox.pdf.
- Fintech Australia. 2016. "Full Profile's AgriDigital Successfully Executes World's First Settlement of an Agricultural Commodity on a Blockchain." *FinTech Australia Newsroom*, 9 December. <https://fintechaustralia.org.au/full-profiles-agridigital-successfully-executes-worlds-first-settlement-of-an-agricultural-commodity-on-a-blockchain/>.
- Heider, C., and A. Connelly. 2016. "Why Land Administration Matters for Development." *Independent Evaluation Group (World Bank Group) Blog*, 28 June. <http://ieg.worldbankgroup.org/blog/why-land-administration-matters-development>.
- Huang, E. 2017. "Blockchain Could Fix a Key Problem in China's Food Industry: The Fear of food Made in China." *Quartz*, 10 August. <https://qz.com/1031861/blockchain-could-fix-a-key-problem-in-chinas-food-industry-the-fear-of-food-made-in-china/>.
- Hyperledger Architecture Working Group. 2017. *Hyperledger Architecture, Volume 1: Introduction to Hyperledger Business Blockchain Design Philosophy and Consensus*. Hyperledger. www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2017/08/Hyperledger_Arch_WG_Paper_1_Consensus.pdf.
- IBM. 2018a. "Crypto anchors and blockchain." *IBM Research*, undated. www.research.ibm.com/5-in-5/crypto-anchors-and-blockchain/.
- IBM. 2018b. "Veridium to Use IBM Blockchain Technology to Create Social and Environmental Impact Tokens." *IBM News Room*, 15 May. <http://newsroom.ibm.com/2018-05-15-Veridium-to-Use-IBM-Blockchain-Technology-to-Crete-Social-and-Environmental-Impact-Tokens>.
- ITU. 2016. "ICT Facts and Figures 2016." Geneva: International Telecommunication Union (ITU). www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/ICTFactsFigures2016.pdf.
- Jayachandran, P. 2017. "The Difference between Public and Private Blockchain." *Blockchain Unleashed: IBM Blockchain Blog*, 31 May. www.ibm.com/blogs/blockchain/2017/05/the-difference-between-public-and-private-blockchain/.
- Krishnakumar, A. 2017. "IoT Meets DLT and Blockchain Meets M-Pesa in Africa." *Daily Fintech*, 24 March. <https://dailyfintech.com/2017/03/24/iot-meets-dlt-and-blockchain-meets-m-pesa-in-africa/>.
- Lierow, M., C. Herzog and P. Oest. 2017. "Blockchain: The Backbone of Digital Supply Chains." *Oliver Wyman*, undated. www.oliverwyman.com/our-expertise/insights/2017/jun/blockchain-the-backbone-of-digital-supply-chains.html.
- Maity, S. 2016. "Consumers Set to Save Up to Sixteen Billion Dollars on Banking and Insurance Fees Thanks to Blockchain-based Smart Contracts Says Capgemini Report." *Capgemini Consulting*, 11 October. www.capgemini.com/news/consumers-set-to-save-up-to-sixteen-billion-dollars-on-banking-and-insurance-fees-thanks-to/.

- Massa, A. 2017. "Someone Figured Out How to Put Tomatoes on a Blockchain." *Bloomberg*, 9 November. www.bloomberg.com/news/articles/2017-11-09/the-internet-of-tomatoes-is-coming-starting-with-boston-salads.
- Mattern, M., and R.M. Ramirez, R. 2017. *Digitizing Value Chain Finance for Smallholder Farmers*. No. 106. Washington DC: Consultative Group to Assist the Poor (CGAP).
- Maupin, J. 2017a. "The G20 Countries Should Engage with Blockchain Technologies to Build and Inclusive, Transparent, and Accountable Digital Economy for All." *G20 Insights*, 5 April (last updated 15 January 2018).
- Maupin, J. 2017b. *Mapping the Legal Landscape of Blockchain and other Distributed Ledger Technologies*. CIGI Papers No. 149. Waterloo ON: Centre for International Governance and Innovation.
- Michail, N. 2017. "Smart E-commerce: INS Connects Manufacturers and consumers for a Slice of \$8.5 Trillion Global Grocery Industry." *Food Navigator.com*, 23 November. www.foodnavigator.com/Article/2017/11/23/Smart-e-commerce-INS-connects-manufacturers-and-consumers-for-a-slice-of-8.5-trillion-global-grocery-industry.
- Nasdaq. 2015. "NASDAQ LINQ Enables First-ever Private Securities Issuance Documented with Blockchain Technology." *NASDAQ Investor Relations*, 30 December. <http://ir.nasdaq.com/releasedetail.cfm?releaseid=948326>.
- Nasdaq. 2017. "NASDAQ and CITI Announce Pioneering Blockchain and Global Banking Integration." *NASDAQ.com News*, 22 May. www.nasdaq.com/article/nasdaq-and-citi-announce-pioneering-blockchain-and-global-banking-integration-cm792544.
- Niforos, M. 2017a. "Blockchain in Financial Services in Emerging Markets, Part 1: Current Trends." EMCompass Note 43, August. Washington DC: International Finance Corporation (World Bank Group).
- Niforos, M. September 2017b. "Beyond Fintech: Leveraging Blockchain for More Sustainable and Inclusive Supply Chains." EMCompass Note 45. Washington DC: International Finance Corporation (World Bank Group). www.ifc.org/wps/wcm/connect/a4f157bb-cf24-490d-a9d4-6f116a22940c/EM+Compass+Note+45+final.pdf?MOD=AJPERES.
- OECD, WTO and World Bank Group. 2014. "Global Value Chains: Challenges, Opportunities and Implications for Policy." Rapport élaboré pour examen à la réunion des ministres des finances du G20, Sydney, (Australie), 19 juillet.
- Ponsot, F., B. Vásquez, D. Terry and P. de Vasconcelos. 2017. *Sending Money Home: Contributing to the SDGs, One Family at a Time*. Rome: International Fund for Agricultural Development (IFAD).
- PWC. 2016. "Food Fraud Vulnerability Assessment and Mitigation: Are you doing enough to prevent food fraud?" www.careers.pwccn.com/webmedia/doc/636160304675611808_fsis_food_fraud_nov2016.pdf.
- Ripple. 2017. "SCB, Ripple Launch First Blockchain-powered Payment Service between Japan and Thailand." *Ripple*, 29 June. https://ripple.com/ripple_press/scb-ripple-launch-first-blockchain-powered-payment-service-japan-thailand/.
- Scharff, R.L. 2015. "State Estimates for the Annual Cost of Foodborne Illness." *Journal of Food Protection*: June 2015, Vol. 78 no. 6: 1064–1071.
- Shadab, H. 2014. "What are Smart Contracts, and What Can We do with Them?" *Coin Center*, 15 December. <https://coincenter.org/entry/what-are-smart-contracts-and-what-can-we-do-with-them>.

Shin, L. 2015. "Visa, Citi, NASDAQ Invest \$30 Million in Blockchain Startup Chain.com." *Forbes*, 9 September. www.forbes.com/sites/laurashin/2015/09/09/visa-citi-nasdaq-invest-30-million-in-blockchain-startup-chain-com/#7eb07a16199c.

Shin, L. 2017. "Ethereum Enterprise Alliance Adds 86 New Members including DTCC, State Street and Infosys." *Forbes*, 22 May. www.forbes.com/sites/laurashin/2017/05/22/ethereum-enterprise-alliance-adds-86-new-members-including-dtcc-state-street-and-infosys-and/#4a09446f8ff2.

Staras, A. 2017. "Aigang Announces Autonomous Crop Insurance Project with Drone Partner." Medium, 17 November. <https://medium.com/aigang-network/aigang-announces-autonomous-crop-insurance-project-with-drone-partner-2b926c0c23b9>.

Swanson, T. 2015. "Consensus-as-a-service: A Brief Report on the Emergence of Permissioned, Distributed Ledger Systems." www.ofnumbers.com/wp-content/uploads/2015/04/Permissioned-distributed-ledgers.pdf.

Tapscott, A., and Tapscott, D. 2017. "How Blockchain is Changing Finance." *Harvard Business Review*, 1 March. <https://hbr.org/2017/03/how-blockchain-is-changing-finance>.

Tapscott, D., and Tapscott, A. 2016. *Blockchain Revolution: How the Technology behind Bitcoin is Changing Money, Business and the World*. New York: Penguin Random House.

Treacher, M. 2016. "Announcing Ripple's Global Payments Steering Group." *Ripple Insights*, 23 September. <https://ripple.com/insights/announcing-ripples-global-payments-steering-group/>.

Varangis, P., and D. Larson. 1996. *How Warehouse Receipts Help Commodity Trading and Financing*. DECnotes, no. 21. Washington DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/237851468776694375/Howwarehouse-receipts-help-commodity-trading-andfinancing>.

Wass, S. 2017a. "Seven Banks Go Live with Hyperledger Trade Finance Platform in 2017." *Global Trade Review*, 26 June. www.gtreview.com/news/europe/seven-banks-to-go-live-with-hyperledger-blockchain-trade-finance-platform-in-2017/.

Wass, S. 2017b. "Food Companies Unite to Advance Blockchain for Supply Chain Traceability." *Global Trade Review*, 22 August. www.gtreview.com/news/fintech/food-companies-unite-to-advance-blockchain-for-supply-chain-traceability/.

Wass, S. 2017c. "Banks to Pilot New Concept for Blockchain-based Supply Chain Finance." *Global Trade Review*, 12 December. www.gtreview.com/news/fintech/banks-to-pilot-new-concept-for-blockchain-based-supply-chain-finance/.

World Bank. 2018a. *Women, Business and the Law 2018*. Washington DC: World Bank Group. <http://hdl.handle.net/10986/29498>.

World Bank. 2018b. *World Bank Open Data*. <https://data.worldbank.org/>

WSIS. 2018. *World Summit on the Information Society*. www.itu.int/net/wsis/.

Zambrano, R. 2017. *Blockchain: Unpacking the Disruptive Potential of Blockchain Technology for Human Development*. Ottawa, Canada: International Development Research Centre.