

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

LA TECHNOLOGIE BLOCKCHAIN : UNE OPPORTUNITÉ POUR L'ATTEINTE
DES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE ?

TRAVAIL DIRIGÉ
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAITRISE EN SCIENCE POLITIQUE

PAR
MARIANA SARMIENTO

JUILLET 2021

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce document diplômant se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.10-2015). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

À ce stade, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont soutenu et motivé lors de la rédaction de ce travail dirigé de maîtrise. Je voudrais commencer par remercier mes co-directeurs, Nora Nagels et François Roch, pour leur contribution et soutien tout au long du processus de recherche et de rédaction de mon travail. En particulier, je voudrais les remercier pour les discussions et remarques constructives qui m'ont été apportées lors de nos réunions, et qui m'ont permis de fortifier ma recherche. De plus, je voudrais exprimer ma gratitude à Tanguy Morelli, qui a attiré mon attention sur le sujet et m'a soutenu dans mon projet. Ses conseils ont débouché sur des idées et une inspiration précieuses pour cette recherche. Enfin, je tiens à remercier ma famille et mes amis qui ont toujours été là pour moi quand j'en avais besoin et qui n'ont jamais manqué de me motiver. Cet accomplissement ne serait pas possible sans eux.

Je vous remercie

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES ABBRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	vii
RÉSUMÉ.....	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCTION	1
CHAPITRE I	
COMPRENDRE LA BLOCKCHAIN.....	13
1.1 La décentralisation de la confiance.....	13
1.2 Les mécanismes de la blockchain.....	17
1.3 Les blockchains publiques et privées.....	22
1.4 Les typologies d’usage de la blockchain.....	24
CHAPITRE II	
LA BLOCKCHAIN EN FAVEUR DE L’INCLUSION FINANCIÈRE.....	26
2.1 Les cryptomonnaies pour élargir l’accès au système financier.....	26
2.1.1 La situation actuelle.....	26
2.1.2 La solution blockchain.....	29
2.1.3 Les études de cas.....	32
2.2 L’identité numérique auto-souveraine pour élargir l’accès aux services et droits fondamentaux.....	38
2.2.1 La situation actuelle.....	38
2.2.2 La solution blockchain.....	44
2.2.3 Les études de cas.....	47
CHAPITRE III	

LES OBSTACLES ET LES LIMITES.....	51
3.1 Les obstacles et limites des cryptomonnaies.....	51
3.1.1 La résistance des gouvernements et des institutions financières.....	51
3.1.2 Les limites spécifiques à Bitcoin.....	58
3.2 Les obstacles et limites des identités auto-souveraines.....	60
3.2.1 La résistance des gouvernements et des organisations.....	60
3.2.2 La capacité de l'État.....	63
3.3 D'autres obstacles plus généraux.....	63
3.3.1 Les barrières à l'utilisation.....	64
3.3.2 Les rapports de pouvoir.....	66
CONCLUSION.....	69
ANNEXE A	
LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE.....	75
BIBLIOGRAPHIE.....	78

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
1.1 Types de réseaux (décentralisé, centralisé et distribué).....	15
1.2 Représentation d'une blockchain.....	19

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1 Comparaison entre les blockchains publiques, de consortium et privées.....	23

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

GRL	Grand livre réparti
P2P	Pair-à-pair
DD	Développement durable
ODD	Objectifs de développement durable

RÉSUMÉ

Peu de temps après la crise financière de 2008, une vague d'engouement s'est déferlée sur la technologie blockchain, une technologie de stockage et de transmission d'informations, fonctionnant sans organe central de contrôle. Plus récemment, un intérêt croissant est porté à savoir si et comment la technologie blockchain peut contribuer au programme de développement durable des Nations Unies. Considérant cela, cette recherche aborde la question suivante : comment les applications blockchains peuvent-elles participer à l'atteinte des objectifs de développement durable de l'Agenda 2030? Plus précisément, cette recherche entend analyser le potentiel de la blockchain sur l'inclusion financière, puisqu'elle occupe une place transversale dans les objectifs mondiaux. Outre la compréhension des principaux mécanismes qui sous-tendent cette technologie, cette recherche se fonde sur une revue de la littérature pour explorer comment l'utilisation des cryptomonnaies et des identités auto-souveraines peut potentiellement résoudre certains des problèmes les plus urgents liés à l'inclusion financière, contribuant ainsi à la réalisation de plusieurs objectifs de développement durable. Cette recherche se consacre également à exposer les obstacles et les limites auxquels cette technologie se heurte, notamment les revers en termes d'inégalités sociales, financières et numériques qu'elle peut engendrer.

Mots clés : technologie blockchain, objectifs de développement durable, inclusion financière, cryptomonnaies, identités auto-souveraines.

ABSTRACT

Shortly after the 2008 financial crisis, a wave of excitement swept over blockchain technology, a technology for storing and transmitting information, operating without a central authority. More recently, there is growing interest in whether and how blockchain technology can contribute to the United Nations sustainability agenda. Considering this, this research addresses the following question: how can blockchain applications participate in achieving the sustainable development goals of the 2030 Agenda? More specifically, this research intends to analyze the potential of blockchain on financial inclusion, since it occupies a transversal place in the global objectives. Besides understanding the main mechanisms behind this technology, this research draws on a review of the literature to explore how the use of cryptocurrencies and self-sovereign identities can potentially solve some of the most pressing issues related to financial inclusion, thus contributing to the achievement of several sustainable development goals. This research is also dedicated to exposing the obstacles and limitations that this technology faces, including the negative effects in terms of social, financial and digital inequalities that it can generate.

Keywords: blockchain technology, sustainable development goals, financial inclusion, cryptocurrencies, self-sovereign identities.

INTRODUCTION

Adopté en septembre 2015 en tant que successeur du programme des Objectifs du Millénaire pour le développement (OMD)¹ et de la Déclaration de Rio², l'Agenda 2030 des Nations Unies est un appel universel à l'action pour faire face aux défis environnementaux, politiques, sociaux et économiques auxquels les générations actuelles et futures sont confrontées³. La particularité de l'Agenda 2030 est que, pour la première fois dans le système onusien, une stratégie globale fondée sur le concept de développement durable implique tous les États membres. Les 17 objectifs de développement durable (ODD)⁴ des Nations Unies visent à promouvoir « une croissance économique soutenue et partagée, le développement social, la protection de l'environnement et l'élimination de la faim et de la pauvreté »⁵.

Dernièrement, les solutions numériques ont été reconnues comme des catalyseurs importants de la réalisation des objectifs mondiaux, puisqu'elles peuvent entraîner du progrès socioéconomique dans les pays dits développés et en voie de développement⁶. À titre d'exemple, « Internet et les technologies mobiles ont

¹ Nations Unies. *Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 13 septembre 2000*. 55/2. *Déclaration du Millénaire*, Doc off AG NU, 2000, DOC NU A/RES/55/2.

² Nations Unies. *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement* (12 août 1992) dans *Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement*, Doc. N.U. A/CONF.151/26 (vol. I).

³ Nations Unies. *Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 21 octobre 2015*. 70/1. *Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030*, Doc off AG NU, 2015, DOC NU A/RES/70/1.

⁴ Voir l'Annexe A à la page 79.

⁵ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable, op.cit.*, article 9.

⁶ Maupin, J., Kahlert, J., Weizsäcker, F. V., Egger, S., Honsel, T., Peter, V., Hess, U., et Fischle, R. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen? Promise and Practice of Distributed Governance*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), p. 31.

déclenché des perturbations positives dans les pratiques de développement »⁷. Par ailleurs, nous observons un intérêt croissant pour savoir si et comment la technologie blockchain peut relever des défis de longue date liés au développement, et c'est ce qui nous intéresse ici.

La blockchain est une « technologie de stockage et de transmission d'informations, permettant la constitution de registre répliqués et distribués (*distributed ledgers*), sans organe central de contrôle, sécurisées grâce à la cryptographie, et structurées par des blocs liés les uns aux autres, à intervalles de temps réguliers »⁸. C'est essentiellement un registre public immuable de qui possède quoi et qui transige quoi, permettant aux personnes et aux organisations de partager des informations les unes avec les autres sur une plateforme sécurisée, avec un degré de confiance et de transparence sans précédent⁹.

Le potentiel de la blockchain à relever des défis sociaux et économiques repose sur l'idée qu'elle permet une *trustless collaboration*¹⁰, ce qui possède un attrait particulier pour le secteur du développement où la confiance, entre individus et envers les institutions, est essentielle pour la croissance économique¹¹. Ce point de vue est repris dans un rapport co-publié par le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD) et la société Blockchain¹² : « The decentralised, transparent,

⁷ Zambrano, R., Seward, R. K., et Sayo, P. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire de la technologie des chaînes de blocs pour le développement humain*. Centre de Recherches pour le Développement International, p. 61.

⁸ Faure-Muntian, V., De Ganay, C., et Le Gleut, R. (2018). *Comprendre les blockchains: fonctionnement et enjeux de ces nouvelles technologies*. Rapport parlementaire N° 584, p. 11.

⁹ GSMA (2017). *Blockchain for development : Emerging opportunities for mobile, identity and aid*, London : GSMA, p. 3.

¹⁰ Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 12(1-2), p. 1

¹¹ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development : Hype vs. reality. *Center for Global Development Policy Paper*, 107, p. 2.

¹² Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, p. 1.

verifiable nature of the system means we can trust people and organisations precisely because trust is no longer an issue »¹³.

Nous avons choisi ce sujet de recherche dans le cadre du travail dirigé bidisciplinaire en droit international et en sciences politiques. L'apport des sciences politiques est de nous positionner théoriquement et épistémologiquement, notamment en ce qui concerne notre conception du développement et de la technologie. En effet, le développement, défini par la croissance économique et l'amélioration des technologies et du marché, s'inscrit dans une vision néolibérale du développement. Cela est la définition adoptée dans cette recherche¹⁴. L'innovation technologique quant à elle est perçue comme l'un des principaux moteurs de la croissance économique, ce qui s'inscrit également dans une approche néolibérale de la croissance¹⁵. L'Agenda 2030 souligne d'ailleurs le rôle de l'innovation, la science et la technologie dans le soutien du développement durable¹⁶.

Le terme néolibéralisme désigne aujourd'hui un ensemble de doctrines politiques et économiques de droite qui partagent un socle : la dénonciation de l'interventionnisme étatique, la promotion de l'économie de marché, la dérégulation des marchés, la privatisation du secteur public et l'hégémonie du marché mondialisé¹⁷. L'élaboration théorique du néolibéralisme a vu le jour à la fin des années 1980, décennie marquée

¹³ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised: Blockchains, Distributed Ledgers, and the Future of Sustainable Development*. New York: United Nations Development Programme, p. 6.

¹⁴ Par ailleurs, la vision onusienne du développement repose sur la définition suivante, dont la finalité est l'amélioration des conditions de vies : « un processus global, économique, social, culturel et politique, qui vise à améliorer sans cesse le bien-être de l'ensemble de la population et de tous les individus, sur la base de leur participation active, libre et significative au développement et au partage équitable des bienfaits qui en découlent ». Nations Unies, *Déclaration sur le droit au développement adoptée par l'Assemblée générale le 4 décembre 1986*, AG Rés. 41/128, 41e sess., Doc. Off. AGNU 41/128 (1986), Préambule.

¹⁵ Sredojević, D., Cvetanović, S., et Bošković, G. (2016). Technological changes in economic growth theory: Neoclassical, endogenous, and evolutionary-institutional approach. *Economic Themes*, 54(2), p. 187.

¹⁶ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable, op.cit.*, article 70.

¹⁷ Définition du néolibéralisme. Équipe Perspective Monde. Récupéré de <https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMDictionnaire?idictionnaire=1609>.

par une profonde crise économique (crise de l'endettement et crise pétrolière), par l'implosion des économies socialistes et par l'effondrement de l'hégémonie keynésienne. Le tournant politique conservateur va ouvrir la voie à un groupe d'économistes universitaires et experts auprès du FMI et de la Banque mondiale, proposant une recette néolibérale visant à stabiliser les économies émergentes (via l'ouverture des marchés, la privatisation, le contrôle de l'inflation, la déréglementation et la rigueur budgétaire)¹⁸. Le consensus de Washington, formalisé en 1989 par John Williamson, est un accord tacite visant à conditionner les aides financières aux pays en développement à des pratiques de bonne gouvernance. Ces « bonnes pratiques » d'inspiration fortement néolibérales visent notamment à la dérégulation de l'économie¹⁹.

Le développement durable (ci-après « DD ») a été formulé dans les années 1970, et conceptualisé à partir des années 1980 à travers une série de documents et de conventions²⁰. Ces dernières décennies, les objectifs de DD ont évolué d'objectifs à facteur unique axés sur la durabilité écologique, aux OMD axés sur la pauvreté, et maintenant aux ODD plus complets et universels²¹. Le concept de DD a progressivement évolué d'une définition initiale vague à une action globale²². Pourtant, le concept de DD reste flou et ambigu, tant au niveau de son origine et des objets qui le constituent (« développement », « durable » et leurs assemblages). L'expression polysémique peut être interprétée différemment selon les acteurs et les

¹⁸ Nagels, N. (2018). *Approches et pratiques du développement : notes de cours POL8511*. Université du Québec à Montréal, département de science politique.

¹⁹ Williamson, J. (1993). Democracy and the "Washington consensus". *World development*, 21(8), 1329-1336.

²⁰ Essabri, N. (2017). *Représentations, agir et justifications du développement durable chez les dirigeants de PME: le cas des dirigeants de riads maisons d'hôtes à Marrakech* (Thèse de doctorat). Conservatoire National des Arts et Métiers-CNAM, p. 24.

²¹ Shi, L., Han, L., Yang, F., et Gao, L. (2019). The evolution of sustainable development theory: Types, goals, and research prospects. *Sustainability*, 11(24), p. 8.

²² *Ibid.* p. 12.

organisations qui se l'approprient²³. Cette confusion va aboutir à deux interprétations divergentes du DD : une durabilité dite « faible »²⁴ et une durabilité dite « forte »²⁵. La plupart des interprétations sont influencées par des groupes d'intérêt avec des objectifs spécifiques²⁶. En pratique, la diffusion du principe de développement durable réunit les deux mondes : celui de l'action économique, fondée sur la recherche du profit, et celui de la morale sur les principes de vie collective²⁷.

À l'heure actuelle, le DD semble se fonder sur une durabilité faible, c'est-à-dire sur la simple somme de trois systèmes (économique, social et environnemental) pour mesurer le niveau de DD. À titre d'exemple, le PIB vert est calculé en soustrayant les coûts des dommages environnementaux et écologiques du PIB conventionnel d'un pays²⁸. Si le résultat du PIB vert est faible ou négatif, cela signifie que le développement économique n'est pas durable, car il se fait au prix de dommages environnementaux. Cependant, ce raisonnement suppose qu'il y a une substitution complète entre les ressources naturelles et les autres ressources. De même, les ODD ne considèrent le DD que dans les 15 prochaines années et non à plus long terme²⁹.

Selon McCloskey (2019), les ODD ne peuvent pas réussir tant qu'ils seront liés au paradigme néolibéral du développement, qui a pour résultat la concentration de la richesse au sein d'une élite et une polarisation sociale croissante. Il faut un programme qui s'attaque directement aux causes fondamentales de l'inégalité et de

²³ Essabri, N. (2017). *Représentations, agir et justifications*, *op.cit.*, p. 48

²⁴ La durabilité faible est une approche centrée sur l'économie et la croissance, où le capital naturel peut être substituable par le capital artificiel. Elle s'inscrit donc dans le paradigme néoclassique dominant. *Ibid.* p. 42

²⁵ La durabilité forte quant à elle rejette la centralité de l'économie et la substituabilité des différentes formes du capital. Elle souligne la nécessité de prendre en compte l'irréversibilité environnementale. Elle repose sur le constat qu'il y a une incompatibilité à vouloir une croissance infinie dans un monde fini. *Ibid.* p. 43

²⁶ Shi, Longyu, et al. (2019). The evolution of sustainable development theory, *op.cit.*, pp. 1-2.

²⁷ Bajenaru-Declerck, V. (2009). La diffusion du concept de développement durable. *Géoéconomie*, (2), p. 83.

²⁸ Shi, Longyu, et al. (2019). The evolution of sustainable development theory, *op.cit.*, p. 8.

²⁹ *Ibid.* p. 10.

l'injustice³⁰. Pour le moment, le secteur du développement international peine à imposer un changement significatif au système économique néolibéral dérégulé. L'Agenda 2030 reproduit le statu quo sans s'attaquer aux causes structurelles de la pauvreté créées par le modèle capitaliste et développementaliste dominant³¹. Certains ODD semblent même contradictoires : combattre le changement climatique (ODD #13) tout en assurant une croissance économique soutenue (ODD #8). Comment lutter contre le changement climatique tout en permettant aux pays pauvres et à revenu intermédiaire d'atteindre des niveaux de croissance plus élevés, avec la consommation mondiale accrue de carbone que cela implique ? Les objectifs semblent être fatalement liés au même modèle économique qui est à l'origine du changement climatique, des inégalités mondiales et de la polarisation sociale³². Nous en concluons donc que l'Agenda 2030, avec son approche de durabilité faible, ne représente pas une rupture avec le paradigme néolibéral développementaliste, mais plutôt une continuité de celui-ci.

La dimension juridique en matière de développement nous amène vers le terrain du politique et de la *soft law*. Sous réserve des principes qu'on retrouve dans la Charte des Nations Unies³³ et des engagements conventionnels, les relations internationales en matière de développement s'inscrivent dans un cadre juridique qui n'est jamais contraignant, mais plutôt volontaire. Il n'y a pas d'obligations juridiques, de mécanismes de sanction ou de suivi contraignant³⁴, c'est-à-dire que la responsabilité d'assurer le suivi et l'examen des progrès accomplis dans la réalisation des ODD incombe aux États³⁵. Les États ont donc une grande marge de manœuvre sur les

³⁰ McCloskey, S. (2019). The Sustainable Development Goals, Neoliberalism And NGOs: It's Time To Pursue A Transformative Path To Social Justice. *Policy & Practice: A Development Education Review*, (29), p.152.

³¹ *Ibid.* p. 155.

³² *Ibid.* p. 156.

³³ Charte des Nations Unies (1945, 26 juin). 15 C.N.U.C.I.O. 365, R.T. Can. 1945 n° 7 (entrée en vigueur : 24 octobre 1945).

³⁴ *Ibid.* article 72.

³⁵ *Ibid.* article 47.

moyens de mise en œuvre nationaux³⁶ dans le cadre du Partenariat mondial pour le développement durable³⁷. C'est face à cette liberté des moyens de mise en œuvre que se pose l'intérêt pour les États de mobiliser ou non la blockchain, dans le cadre de la réalisation de l'Agenda 2030.

Ce travail dirigé est guidé par la question suivante : comment les applications blockchains peuvent-elles participer à l'atteinte des objectifs de l'Agenda 2030? Émerge alors une sous-question à savoir si les États mobilisent la blockchain pour l'atteinte des objectifs de développement durable? À première vue, les rapports des mécanismes nationaux volontaires des Nations-Unies³⁸ montrent que les États ne comptent pas mobiliser pas la blockchain pour les objectifs de développement durable; ou du moins, ils ne l'écrivent pas officiellement dans leurs rapports³⁹. La recherche proposée montrera qu'il s'agit d'une occasion manquée pour les États, car la blockchain a potentiellement la capacité d'accélérer l'atteinte de l'Agenda 2030, comme en témoigne sa mobilisation par le secteur privé, les organismes à but non lucratif et les organisations internationales. Les États sont pourtant les acteurs principaux du droit international du développement, soit ceux ayant les moyens financiers, juridiques et politiques d'action. Néanmoins, pour l'atteinte des objectifs, un engagement mondial est nécessaire, rassemblant « les gouvernements, le secteur privé, la société civile, le système onusien et les autres acteurs concernés »⁴⁰.

Face à l'envergure des liens entre la blockchain et l'atteinte de l'Agenda 2030, nous avons choisi de nous concentrer sur l'inclusion financière, puisqu'elle occupe une

³⁶ *Ibid.* article 21.

³⁷ *Ibid.* articles 39-41.

³⁸ Nations Unies. Sustainable Development Knowledge Platform. *Voluntary National Reviews Databases*.

Récupéré de https://sustainabledevelopment.un.org/vnrs/index.php?str=blockchain#results_area.

³⁹ Seulement l'Australie, l'Andorra et Malte font référence à cette technologie, mais aucune explication détaillée n'est fournie.

⁴⁰ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable, op.cit.*, article 39.

place importante et transversale dans le programme de développement durable, figurant comme cible dans 8 de ses 17 objectifs⁴¹. Nous partageons le point de vue de la Banque mondiale selon lequel l'inclusion financière est un catalyseur clé pour réduire la pauvreté, stimuler la prospérité économique et améliorer la qualité globale de la vie⁴². Par ricochet, une meilleure inclusion financière peut stimuler la réalisation des objectifs de développement durable⁴³. L'opportunité d'une meilleure inclusion financière est également considérée comme l'une des grandes promesses de la blockchain⁴⁴.

Il est cependant essentiel de préciser que pour certaines approches critiques, l'inclusion financière, et notamment la financiarisation et la bancarisation, sont une source de sous-développement et non de développement. Selon Marie Langevin, l'exclusion et la pauvreté sont traitées comme des imperfections de marché⁴⁵. La microfinance est perçue comme étant un canal d'insertion venant « combler les manquements de l'économie de marché et y intégrer les laissés-pour-compte »⁴⁶. Cependant, Langevin observe que la commercialisation de la microfinance participe « aux dynamiques qui tendent à élargir le pouvoir de la finance dans différentes sphères

⁴¹ Cela inclut l'ODD 1 sur l'éradication de la pauvreté, l'ODD 2 sur l'élimination de la faim, la réalisation de la sécurité alimentaire et la promotion d'une agriculture durable, l'ODD 3 sur la santé et le bien-être de tous à tout âge, l'ODD 5 sur la réalisation de l'égalité entre les sexes et de l'autonomisation économique des femmes, l'ODD 8 sur la promotion de la croissance économique et de l'emploi, l'ODD 9 sur le soutien à l'industrie, à l'innovation et aux infrastructures, l'ODD 10 sur la réduction des inégalités et l'ODD 17 sur le renforcement des moyens de mise en œuvre. The United Nations Capital Development Fund (UNCDF). *Financial inclusion and the SDGs*. Récupéré de <https://www.uncdf.org/financial-inclusion-and-the-sdgs>.

⁴² The World Bank. (2018, 2 octobre). *Financial Inclusion : Financial inclusion is a key enabler to reducing poverty and boosting prosperity*.

Récupéré de <https://www.worldbank.org/en/topic/financialinclusion/overview>.

⁴³ The UNCDF. *Financial inclusion and the SDGs, op.cit.*,

⁴⁴ Kewell, B., Adams, R., et Parry, G. (2017). Blockchain for good? *Strategic Change*, 26(5), p. 434.

⁴⁵ Langevin, M. (2013). La mise en forme de l'inclusion financière périphérique. Réactivité et créativité de la microfinance dans son rapport aux crises. *Cahiers de recherche sociologique*, (55), p. 92

⁴⁶ Langevin, M. (2016). La stratégie nationale d'inclusion financière péruvienne. *Revue Tiers Monde*, (1), p. 102

de la vie »⁴⁷, notamment d’insérer l’économie informelle dans les flux financiers dominants⁴⁸.

L’objectif de notre recherche est ainsi de contribuer à la réflexion des États et des acteurs du développement sur ce qu’est la blockchain, et d’explorer comment la technologie blockchain peut contribuer au programme de développement durable. Plus précisément, cette recherche entend analyser le potentiel de la blockchain sur l’inclusion financière selon un angle techno-économique, en lien avec notre vision néolibérale du développement. Nous nous concentrons sur l’accès aux services financiers et à une identité légale, puisque ces deux éléments sont indispensables à l’inclusion financière⁴⁹. Bien que les causes de l’exclusion financière soient nombreuses et variées, sans services financiers et sans identité légale, l’inclusion financière est impossible⁵⁰.

Notre recherche entend démontrer que certains des problèmes les plus urgents de l’inclusion financière peuvent être résolus grâce à la blockchain, ce qui contribue à la réalisation de plusieurs objectifs de développement durable. D’abord, face au plus de 1,7 milliard d’adultes⁵¹ exclus financièrement⁵², nous explorons comment les cryptomonnaies ont le potentiel de démocratiser l’accès au système financier, en diminuant le coût des services et en augmentant leur accessibilité. Ensuite, face au

⁴⁷ Langevin, M. (2013). La mise en forme de l’inclusion financière périphérique, *op.cit.*, p. 99.

⁴⁸ *Ibid.* p. 100.

⁴⁹ Galen, D., Brand, N., Boucherle, L., Davis, R., Do, N., El-Baz, B., ... et Lee, J. (2018). *Blockchain for social impact: moving beyond the hype*. Center for Social Innovation et RippleWorks, p. 41.

⁵⁰ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 22.

⁵¹ Demirguc-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., Ansar, S., et Hess, J. (2018). *The Global Findex Database 2017: Measuring financial inclusion and the fintech revolution*. The World Bank Group, p. 35.

⁵² Par exclusion financière, nous faisons référence au fait que les services financiers offerts par les institutions financières traditionnelles ne sont pas disponibles ou abordables pour les segments les plus marginalisés de la société. Sapovadia, V. (2018). Financial Inclusion, Digital Currency, and Mobile Technology. In *Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion, Volume 2*. Academic Press, p. 363.

plus d'un milliard d'individus sans identité légale⁵³, l'obtention d'une identité numérique auto-souveraine peut être une solution pour conférer une identité permanente aux individus, et ainsi ouvrir l'accès à une variété de services et à l'exercice de droits fondamentaux.

Néanmoins, cette technologie se heurte à de nombreuses barrières techniques, économiques, sociétales et politiques, qui l'empêchent d'avoir l'effet transformateur escompté par beaucoup (la résistance des gouvernements, l'incertitude du cadre juridique, les préoccupations liées à la confidentialité des données, etc.). En particulier, nous constaterons que la blockchain ne suffit pas à elle seule à accroître l'inclusion financière, voire qu'elle peut tendre à renforcer les inégalités déjà existantes. En effet, les projets blockchains doivent être conçus en gardant à l'esprit les risques d'exclusion qui demeurent les mêmes pour les groupes traditionnellement marginalisés⁵⁴. Dans le cas échéant, elle n'aura pour effet que de renforcer la brèche techno-scientifique, et les inégalités analogues, entre les pays et en leur sein⁵⁵. Par conséquent, nous ne présumons pas que tous les enjeux de développement, ni l'inclusion financière, ne peuvent être réglés que par la voie techno-scientifique.

Méthodologiquement, la littérature scientifique en technologies de l'information est mobilisée pour comprendre le fonctionnement et les mécanismes de la blockchain. Ensuite, le potentiel de la blockchain sur l'inclusion financière et sur les objectifs de développement durable était initialement analysé via une méthodologie reposant sur la prémisse ambitieuse de l'existence de données quantitatives librement disponibles. L'obstacle à l'accès aux données et aux indicateurs de performance a empêché des conclusions complètes nécessaires pour témoigner du potentiel de cette technologie

⁵³ The World Bank (2018). Identification for Development (1D4D) Data : Global Identification Challenge by the Numbers. Récupéré de <https://id4d.worldbank.org/global-dataset>.

⁵⁴ Sapovadia, V. (2018). Financial Inclusion, *op.cit.*, p. 363.

⁵⁵ Hernandez, K. (2017). Blockchain for Development—Hope or Hype? *Institute of Development Studies, Rapid Response Briefing. 17*, pp. 2-4.

pour le développement durable et plus spécifiquement pour l'inclusion financière. Par conséquent, ce projet se fonde sur une revue de la littérature pour comprendre les liens entre les applications blockchains et l'inclusion financière. La majorité des informations recueillies ont été trouvées via de la littérature scientifique, des rapports, des livres blancs⁵⁶ et des études de cas. Ces sources nous ont permis de démontrer comment les caractéristiques qui sont propres à la blockchain, soit la transparence, l'immutabilité et l'accessibilité, font d'elle une technologie utile et pertinente pour l'inclusion financière et donc potentiellement pour le développement. Parallèlement, la littérature consultée nous a permis de déceler les obstacles auxquels elle se heurte, mais également les revers qu'elle peut engendrer.

Pour répondre à notre question de recherche et démontrer que la blockchain est un outil permettant potentiellement l'atteinte de certains objectifs de développement durable en améliorant l'inclusion financière notre travail se compose comme suit. Le premier chapitre explique ce qu'est la technologie blockchain, en mettant en lumière les différents mécanismes et concepts qui la sous-tendent, notamment la décentralisation, la désintermédiation, les protocoles de consensus, les différents types de blockchains et ses typologies d'usage.

Dans le deuxième chapitre, nous exposons comment la blockchain est mobilisée pour promouvoir une meilleure inclusion financière pour les segments les plus vulnérables de la société, et ainsi contribuer à la réalisation de plusieurs objectifs de développement durable. Dans une première sous-partie, nous explorerons comment les cryptomonnaies ont le potentiel d'élargir l'accès au système financier conventionnel pour les individus les plus pauvres. Dans une deuxième sous-partie,

⁵⁶ « Un livre blanc est un type de littérature grise prenant la forme d'un rapport ou guide destiné à présenter des informations concises sur un sujet complexe tout en présentant les principes de l'auteur sur le sujet. Il a généralement pour objectif de faciliter ou d'orienter la prise de décision du lecteur sur le sujet, et est utilisé aussi bien au niveau institutionnel que commercial ». Récupéré de https://fr.wikipedia.org/wiki/Livre_blanc

nous explorerons comment la blockchain permet de conférer une identité numérique auto-souveraine aux individus non desservis. Pour chaque sous-partie, nous présentons d'abord la situation actuelle, en mettant l'accent sur les faiblesses des solutions existantes. Ensuite, nous exposons comment la solution blockchain vient pallier à ces problèmes. Par la suite, nous présentons quelques études de cas d'applications blockchain ayant été mobilisées en faveur des objectifs de développement durable.

Dans un troisième chapitre, nous présentons les obstacles et les limites auxquels cette technologie se heurte. Dans une première sous-partie, nous verrons que l'obstacle le plus déterminant à l'adoption généralisée des cryptomonnaies est celui de la résistance de la part des gouvernements et des institutions financières. Le Bitcoin quant à lui fait face à des barrières techniques qui l'empêchent d'être largement adopté. Dans une deuxième sous-partie, nous verrons que les identités auto-souveraines font également face à la résistance des gouvernements et des organisations impliquées dans la gestion des identités, mais également aux limites des capacités de l'État. Dans une dernière sous-partie, nous exposons des obstacles plus généraux à prendre en compte, notamment les barrières à l'utilisation et les rapports de pouvoir que cette technologie peut engendrer.

CHAPITRE 1

COMPRENDRE LA BLOCKCHAIN

En premier lieu, il sera question dans ce chapitre d'illustrer comment la blockchain permet d'éliminer le besoin d'intermédiaires de confiance dans le paradigme actuel de l'échange économique. Ensuite, nous expliquerons plus en détail comment fonctionne la blockchain, en présentant les différents mécanismes qui la sous-tendent. En outre, nous précisons les différents types de blockchains, soit les blockchains publiques et privées. Finalement, nous présenterons les typologies d'usage de la blockchain.

1.1 La décentralisation de la confiance

Since ancient times, traders have used books of lists, or ledgers (in German: 'Register') to keep track of the goods they bought, sold and traded along their trade routes in order to reconcile the goods sold with payments received. By providing a simple and reliable mechanism for keeping track of assets and payments, ledgers became a foundational instrument for organising modern societies and their economic activity. Modern ledgers document things as diverse as account balances, land titles, copyrights or votes. They establish a reliable record of identities, ownership rights, asset flows and provide documentary support for complex contractual agreements⁵⁷.

Jusqu'à présent, la confiance entre des acteurs réalisant des échanges économiques sur les marchés repose sur un système centralisé, soit une entité qu'ils reconnaissent tous comme étant un tiers de confiance (banques, gouvernements, entreprises,

⁵⁷ Maupin, J., et al. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen?*, *op.cit.*, p. 17.

notaires, etc.)⁵⁸. Ces derniers « vérifient l'identité des participants à une transaction, surveillent la compensation et le règlement, et préservent un registre des échanges »⁵⁹. Ayant le monopole de la tenue du registre, ces intermédiaires facturent des frais pour leurs services de vérification et d'authentification. Par conséquent, ils ont un pouvoir de marché substantiel de par cet avantage informationnel⁶⁰.

The problem is that these fee-charging institutions, which act as gatekeepers, dictating who can and cannot engage in commercial interactions, add cost and friction to our economic activities. They also have a habit of failing us—we can think of the crisis of 2008 as a case of banks breaching their duty to maintain honest records—or of exploiting their toll-collecting power to price gouge and demand exorbitant rents⁶¹.

En 2008, le monde a plongé dans une terrible crise financière, témoignant de l'instabilité du système financier mondial étroitement imbriqué⁶², mais également du danger de faire confiance aveugle aux intermédiaires de confiance. Peu de temps après, un mystérieux livre blanc est publié par une entité inconnue utilisant le pseudonyme de Satoshi Nakamoto. Sa recherche *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash system* décrivait un système de paiement mondial fonctionnant sans autorité centrale⁶³, soit un outil de paiement électronique permettant de stocker et d'échanger de la monnaie numérique, sous forme de jetons⁶⁴. La technologie sous-jacente à Bitcoin, soit la technologie blockchain, aussi nommée la technologie du grand livre

⁵⁸ Berbain, C. (2017). La blockchain: concept, technologies, acteurs et usages. *Annales des Mines-Réalités industrielles*, 2017 (3), p. 6.

⁵⁹ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 5. [Notre traduction]

⁶⁰ Catalini, C., et Gans, J. S. (2016). Some simple economics of the blockchain (No. w22952). *National Bureau of Economic Research*, p. 20.

⁶¹ Casey, M.J. et Vigna, P. (2018). *The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything*. St. Martin's Press, p. 7.

⁶² Hughes, A., Park, A., Kietzmann, J., et Archer-Brown, C. (2019). Beyond Bitcoin: What blockchain and distributed ledger technologies mean for firms. *Business Horizons*, 62(3), p. 274.

⁶³ Casey, M.J. et Vigna, P. (2018). *The Truth Machine*, *op.cit.*, p. ix.

⁶⁴ Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 18.

réparti (GLR), offrait un registre numérique infalsifiable, permettant d'enregistrer toutes les transactions effectuées en bitcoin⁶⁵.

Alors qu'une entité centrale met à jour l'historique des transactions en monnaie fiduciaire⁶⁶, les transactions en bitcoin sont vérifiées à l'unanimité par un réseau d'utilisateurs connectés⁶⁷. Contrairement aux réseaux centralisés dans lesquels un serveur central stocke et distribue des informations aux autres ordinateurs du réseau (appelés 'nœuds'), la blockchain s'exécute sur un réseau distribué de pair-à-pair (P2P)⁶⁸. Chaque utilisateur du réseau constitue un nœud, étant connecté à plusieurs pairs, formant ainsi un réseau distribué de pair-à-pair⁶⁹. Une transaction peut dès lors être effectuée entre deux pairs, sans devoir être authentifiée par une agence centrale⁷⁰.

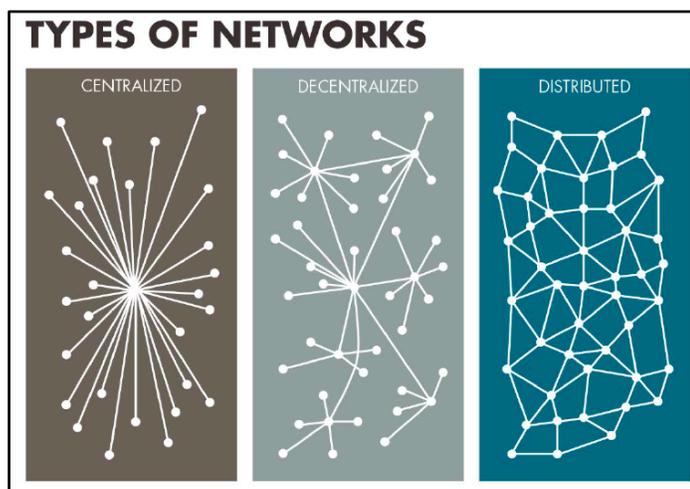


Figure 1.1 Types de réseaux (centralisé, décentralisé et distribué)⁷¹

⁶⁵ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, op.cit., p. 6.

⁶⁶ Dinh, T. T. A., Liu, R., Ooi, B. C., Wang, J., Zhang, M., et Chen, G., (2018). Untangling blockchain: A data processing view of blockchain systems. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 30(7), p. 1368.

⁶⁷ GSMA (2017). *Blockchain for development*, op.cit., p. 4.

⁶⁸ Pisa, M. et Juden M. (2017). Blockchain and economic development, op.cit., p. 7.

⁶⁹ Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, op.cit., p. 33.

⁷⁰ Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., et Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), p. 357.

⁷¹ Pisa, M. et Juden M. (2017). Blockchain and economic development, op.cit., p. 7.

On peut définir la blockchain de Bitcoin comme étant une base de données (appelé un registre) « qui enregistre dans l'ordre des transactions entre les utilisateurs d'un même réseau »⁷² de pair-à-pair. Par défaut, son registre est public, car tout le monde peut y avoir accès. Son registre est également distribué, car chaque nœud possède une copie de la base de données⁷³. Elle « repose sur une décentralisation complète de l'enregistrement des transactions »⁷⁴, c'est-à-dire qu'elle fonctionne sans organe central de contrôle. De par sa nature décentralisée, elle se caractérise également par l'absence de point de défaillance central : « Si un nœud tombe en panne, tous les autres nœuds demeurent interconnectés; les données et l'information qui circulent dans le réseau sont ainsi préservées »⁷⁵. Elle s'exécute sur un réseau distribué de P2P, car tous les nœuds du réseau communiquent directement d'un ordinateur à l'autre et fonctionnent simultanément comme client et serveur pour un autre⁷⁶.

La blockchain est une technologie de stockage et de transmission d'informations décentralisée (fonctionnant sans organe central)⁷⁷, qui a été conçue pour résoudre les problèmes de confiance et d'incertitude qui ont toujours régné dans l'échange économique⁷⁸. Traditionnellement, ce furent des institutions formelles qui ont pris en charge le rôle d'intermédiaires de confiance dans l'échange économique⁷⁹. Désormais, nous pouvons réduire l'incertitude en faisant appel à la technologie blockchain, puisqu'elle permet une décentralisation de la confiance grâce à la désintermédiation de la mise à jour du registre. La réduction de l'incertitude repose sur l'infalsifiabilité du registre, car tout élément inséré y est immuable⁸⁰. « By providing a decentralised, trustworthy, and immutable record of transactions, the

⁷² Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 6.

⁷³ *Ibid.*

⁷⁴ Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 65.

⁷⁵ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 24.

⁷⁶ Pisa, M. et Juden M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 7.

⁷⁷ Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 11.

⁷⁸ Casey, M.J. et Vigna, P. (2018). *The Truth Machine*, *op.cit.*, préface.

⁷⁹ *Ibid.* p. 6.

⁸⁰ Berbain, C. (2017). La blockchain, *op.cit.*, p. 7.

platform allows individuals and institutions to collaborate, transact and share information with previously unheard-of levels of trust and transparency »⁸¹.

1.2 Les mécanismes de la blockchain

Blockchains are digital ledgers that record information that is distributed among a network of computers that ensure each computer has identical records. Blockchain technologies consist of three fundamental components: cryptographically linked data structures, peer-to-peer networking, and consensus protocols⁸².

Le protocole sous-jacent à Bitcoin – la blockchain - repose sur trois mécanismes fondamentaux. D’abord, les transactions effectuées entre les utilisateurs du réseau sont horodatées, regroupées par blocs et liées de manière sécurisée en utilisant la cryptographie⁸³. Ce qui en découle est une chaîne de blocs de transactions⁸⁴. Ensuite, la blockchain s'exécute sur un réseau distribué de P2P, au sein duquel chaque nœud stocke une copie du registre, valide l’intégrité du registre, puis partage et synchronise les mises à jour. Finalement, afin de parvenir à un consensus sur la validité des transactions, les nœuds utilisent un protocole de consensus - soit « un ensemble de règles permettant aux nœuds de déterminer quand ajouter de nouvelles informations à la blockchain »⁸⁵. L’état de la base de données reflète le consensus atteint⁸⁶.

Lorsqu’un utilisateur veut envoyer des fonds à un autre utilisateur, il s’authentifie avec une signature électronique, qui repose sur la cryptographie asymétrique⁸⁷. La

⁸¹ GSMA (2017). *Blockchain for development*, *op.cit.*, p. 4.

⁸² McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker’s guide to blockchain*. Washington, DC: Information Technology and Innovation Foundation, p. 5.

⁸³ « La cryptographie permet à deux personnes d’échanger des messages sans que ceux-ci puissent être interceptés par des tiers ». Quiniou, M., et Debonneuil, C. (2019). *Glossaire Blockchain*. Chaire UNESCO. Récupéré de <https://en.unesco.org/sites/default/files/blockchain_glossairefrn.pdf>, p. 19.

⁸⁴ Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 23.

⁸⁵ McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker’s guide*, *op.cit.*, p. 5.[Notre traduction].

⁸⁶ Pisa, M. et Juden, M. (2017). *Blockchain and economic development*, *op.cit.*, p. 8.

⁸⁷ *Cryptoencyclopédie*. (2017, 22 août). *Clef privée/clef publique : comment ça fonctionne ?* Dans *Comprendre le fonctionnement de la technologie Blockchain, le Bitcoin et les autres crypto-monnaies*.

cryptographie asymétrique sert à « sécuriser les échanges d'informations, car elle permet d'assurer l'origine des données tout en préservant leur confidentialité »⁸⁸. Une clé privée est d'abord générée aléatoirement, et celle-ci est ensuite utilisée pour créer une clé publique. Chaque utilisateur possède cette paire de clés, soit la privée qui n'est connue que par son propriétaire, et la publique qui est partagée avec le réseau. Les clés sont des fonctions mathématiques : la clé privée est utilisée pour chiffrer une transaction, tandis que la clé publique permet de déchiffrer la transaction⁸⁹.

À titre d'exemple, Paul veut envoyer 5 Bitcoin à Alice. Paul utilise sa clé privée pour crypter le message suivant 'Paul envoie 5 BTC à Alice'. Le message est chiffré, c'est-à-dire transformé en une suite de lettres et de chiffres (par exemple AeF345Ksd54f34). La clé publique de Paul permet de déchiffrer l'opération. Paul inscrit ce message chiffré sur le registre (AeF345Ksd54f34) et il y ajoute sa clé publique, ce qui permet aux autres utilisateurs du réseau de déchiffrer le message à l'aide de la clé publique de Paul. Paul est donc authentifié comme l'auteur de la transaction. Puisque Paul est le seul à posséder sa clé privée, il est le seul à pouvoir chiffrer la transaction pouvant être déchiffrée par la clé publique associée⁹⁰.

Ainsi, afin d'effectuer une transaction, l'émetteur utilise la clé publique du récepteur pour lui transférer des fonds – transaction qui sera visible pour tous les membres du réseau. Ces derniers peuvent alors vérifier que l'émetteur était effectivement le dernier possesseur des fonds envoyés. Le récepteur quant à lui signe la transaction avec sa clé privée afin de recevoir les fonds⁹¹. Après avoir été 'signée', chaque transaction est horodatée, ce qui permet d'avoir un ordre chronologique des transactions et d'éviter le problème de la double-dépense (le risque qu'une même

Récupéré de <<https://www.cryptoencyclopedie.com/single-post/Clef-privee-Clef-publique-comment-ca-fonctionne-Bitcoin>>.

⁸⁸ Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains, op.cit.*, p. 24.

⁸⁹ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire, op.cit.*, p. 24.

⁹⁰ Cryptoencyclopédie. (2017, 22 août). Clef privée/clef publique : comment ça fonctionne?, *op.cit.*

⁹¹ Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains, op.cit.*, p. 25.

somme soit dépensée deux fois)⁹². Les transactions sont enregistrées dans des blocs, chaque bloc étant lié chronologiquement et cryptographiquement à ceux qui le précèdent, créant ainsi une longue chaîne d'enregistrement immuable⁹³.

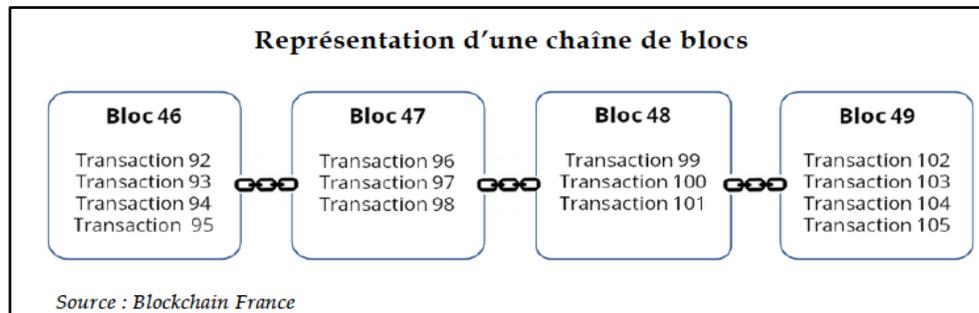


Figure 1.2 Représentation d'une blockchain⁹⁴

Explorons de plus près comment fonctionne le processus de validation des blocs. Au sein de la blockchain, comment parvenir à un consensus parmi des parties non fiables est une transformation du problème des généraux byzantins. Ce dernier fait référence à une situation où les parties impliquées doivent se mettre d'accord sur une stratégie unique afin d'éviter un échec complet, mais où certaines parties ne sont pas fiables. Parvenir à un consensus dans un réseau distribué, particulièrement dans un *trustless environment*, est un enjeu particulier. Par conséquent, des protocoles de consensus doivent être mis en place afin d'assurer l'intégrité du registre, sans passer par l'entremise d'une autorité centrale⁹⁵.

Selon Nakamoto, un consensus pouvait être généré en incitant les participants au réseau à résoudre un casse-tête cryptographique qui nécessite de calculs intensifs et d'une grande puissance énergétique, ce qui le rend coûteux en ressources comme en énergie, en composants informatiques et en temps – et dissuade donc les acteurs à se

⁹² *Ibid.* p. 26 et 124.

⁹³ Kewell, B., et al. (2017). Blockchain for good?, *op.cit.*, p. 431.

⁹⁴ Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 23.

⁹⁵ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 358.

comporter de manière malhonnête. La compétition maintient ainsi l'intégrité du registre, créant de ce fait de la confiance parmi les participants⁹⁶. Il existe plusieurs protocoles de consensus, mais le premier qui a vu le jour est celui qu'utilise le Bitcoin, soit la preuve de travail : « Producing a proof of work can be a random process with low probability, so that a lot of trial and error is required on average before a valid proof of work is generated »⁹⁷.

Concrètement, ce sont des individus appelés des 'mineurs' qui valident les transactions dans un processus dénommé 'minage' avec des ordinateurs spécialisés. Il convient donc de distinguer les nœuds - soit les utilisateurs qui stockent le registre et qui peuvent consulter les transactions qui y sont inscrites, de ceux qui valident les blocs de transactions et ont le pouvoir d'écrire sur le registre (les mineurs)⁹⁸. Les deux peuvent être des personnes physiques ou morales⁹⁹. Une fois un bloc validé par un mineur, la transaction devient visible pour l'ensemble des nœuds, qui l'ajoutent à leur registre – ce bloc sera désormais permanent et immuable¹⁰⁰. Ce processus distribué remplace l'intermédiaire de confiance du modèle centralisé, puisque les mineurs se font concurrence en utilisant leur puissance de calcul afin de valider, par consensus majoritaire, les blocs de transactions toutes les 10 minutes approximativement. Le premier mineur à valider un bloc de transactions est récompensé en Bitcoin. Les mineurs restants doivent alors s'accorder sur ce même bloc de transactions. Cette preuve de travail est difficile à produire, mais facile à vérifier pour les nœuds¹⁰¹. En plus de cette rémunération, les mineurs prélèvent également des frais de transactions¹⁰².

⁹⁶ Pisa, M. et Juden M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 8; How Bitcoin Mining Works. Récupéré de <https://www.bitcoinmining.com/>.

⁹⁷ How Bitcoin Mining Works. Récupéré de <https://www.bitcoinmining.com/>.

⁹⁸ Kewell, B., et al. (2017). Blockchain for good?, *op.cit.*, p. 431; Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 32.

⁹⁹ Berbain, C. (2017). La blockchain, *op.cit.*, p. 6.

¹⁰⁰ Kewell, B., et al. (2017). Blockchain for good?, *op.cit.*, p. 431.

¹⁰¹ *Ibid.* p. 432.

¹⁰² Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 36.

La réussite au casse-tête cryptographique « consiste à obtenir un ‘hash’ du bloc que le mineur souhaite intégrer »¹⁰³ au registre - soit de convertir, avec une fonction de hachage, « un ensemble de données numériques en une courte suite binaire qui lui est propre »¹⁰⁴ (par exemple S4hk23L5ef). Le hachage d’une blockchain est effectué à partir du contenu du bloc, soit « le hash du bloc précédent, un certain nombre de transactions et un horodatage »¹⁰⁵. « La fonction de hachage SHA-256 est constituée de telle sorte qu’il existe 2^{256} combinaisons possibles »¹⁰⁶. Il est donc impossible « de produire deux fois le même hash pour deux ensembles de données différents »¹⁰⁷. Il est également impossible de modifier le contenu d’un bloc, car il est toujours lié aux blocs précédents (toute modification d’un bloc est donc répercutée sur les suivants)¹⁰⁸. « En conséquence, modifier le contenu d’un bloc suppose de recalculer les hashes de tous les blocs qui le suivent »¹⁰⁹, ce qui est impossible puisque cela nécessite d’une puissance de calcul inimaginable.

Lorsqu’un consensus est atteint sur la valeur algorithmique du hash, le bloc validé est alors transmis de pair-à-pair à chaque nœud du réseau, qui l’ajoute à son registre. Les transactions dans le nouveau bloc seront désormais immuables¹¹⁰. Si un mineur tente d’introduire un bloc invalide, ce dernier ne sera pas validé par la majorité des mineurs (même si certains peuvent être malveillants) et n’est donc pas ajouté au registre ni transmis aux pairs. Ceci permet de se prémunir contre le risque d’une attaque malveillante dans un système décentralisé. Cette sécurité est l’un des aspects essentiels de la blockchain¹¹¹. De plus, « en raison de la conception de la technologie,

¹⁰³ Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains, op.cit.*, p. 37.

¹⁰⁴ *Ibid.* p. 26.

¹⁰⁵ *Ibid.* p. 29.

¹⁰⁶ *Ibid.* p. 30.

¹⁰⁷ *Ibid.*

¹⁰⁸ *Ibid.*

¹⁰⁹ *Ibid.* p. 31.

¹¹⁰ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 359; Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains, op.cit.*, p. 37.

¹¹¹ Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains, op.cit.*, p. 34.

la difficulté de trouver un nouveau hachage augmente au fil du temps »¹¹², proportionnellement au nombre d'entrées sur la blockchain. De même, la récompense en Bitcoin que reçoivent les mineurs tend à diminuer au fil du temps¹¹³.

In summary, blockchain technology's strength stems directly from these three factors and the way they interact: the distributed nature of the ledger yields *transparency* and *synchronization*; the consensus protocol *negates the need for trust*; and the way data is recorded, stored and connected yields *immutability* and *traceability*¹¹⁴.

1.3 Les blockchain publiques et privées

La blockchain publique est entièrement décentralisée¹¹⁵. Par défaut, elle est d'accès ouvert, c'est-à-dire que tous « les nœuds du réseau ont un accès complet en temps réel aux données »¹¹⁶ du registre, et n'importe quel mineur peut participer au processus de validation, sans obtenir l'autorisation préalable d'un tiers¹¹⁷. La confidentialité est assurée, car l'identité des nœuds et des mineurs est protégée. La transparence est garantie puisque les transactions sont entièrement visibles pour tous les nœuds. La résilience du registre est garantie puisque chaque nœud détient une copie du registre et qu'il n'y a pas de point central de défaillance¹¹⁸. Puisque les mineurs sont incités à se comporter honnêtement au travers de mécanismes économiques de consensus, ces blockchain sont résistantes à la falsification, ce qui assure l'intégrité des données¹¹⁹. Cependant, ces blockchains sont moins efficaces et rapides puisque le nombre de valideurs du registre est plus vaste¹²⁰.

¹¹² Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 71.

¹¹³ *Ibid.*

¹¹⁴ Pisa, M. et Juden M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 9.

¹¹⁵ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 357.

¹¹⁶ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 29.

¹¹⁷ *Ibid.*

¹¹⁸ Wüst, K., et Gervais, A. (2018, June). Do you need a blockchain?. Dans *2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*. IEEE, p. 46; Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 357.

¹¹⁹ Kewell, B., et al. (2017). Blockchain for good?, *op.cit.*, p. 432.

¹²⁰ Wüst, K., et Gervais, A. (2018, June). Do you need a blockchain?, *op.cit.*, p. 47.

La blockchain privée est entièrement centralisée. Elle est d'accès fermé, puisque seulement un nombre défini de nœuds a accès au registre et seul un ensemble sélectionné de mineurs est responsable de la validation des blocs¹²¹. Chaque nœud et mineur sont authentifiés et leur identité est connue des autres¹²². Les blockchains privées peuvent également être divisées en deux sous-catégories : celles qui sont entièrement privées, avec une organisation qui détermine qui peut accéder au registre ou participer au processus de validation; ou celles qui sont formées par un consortium, c'est-à-dire gérées par un nombre présélectionné de nœuds qui correspondent à des entités privées telles que des banques¹²³. La blockchain du consortium est partiellement centralisée¹²⁴. Puisque le nombre de valideurs du registre est plus restreint, les blockchains d'accès restreint sont plus efficaces et rapides, mais cela se fait au détriment de la transparence, de la sécurité et de l'immutabilité des données¹²⁵.

Tableau 1.1 Comparaison entre les blockchains publiques, de consortium et privées¹²⁶

Table 1 Comparisons among <i>public blockchain</i> , <i>consortium blockchain</i> and <i>private blockchain</i>			
<i>Property</i>	<i>Public blockchain</i>	<i>Consortium blockchain</i>	<i>Private blockchain</i>
Consensus determination	All miners	Selected set of nodes	One organisation
Read permission	Public	Could be public or restricted	Could be public or restricted
Immutability	Nearly impossible to tamper	Could be tampered	Could be tampered
Efficiency	Low	High	High
Centralised	No	Partial	Yes
Consensus process	Permissionless	Permissioned	Permissioned

¹²¹ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, pp. 357-358.

¹²² Dinh, T. T. A. et al. (2018). Untangling blockchain, *op.cit.*, p. 1367.

¹²³ McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain*, *op.cit.*, p. 10.

¹²⁴ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 357.

¹²⁵ Kewell, B., et al. (2017). Blockchain for good?, *op.cit.*, p. 432; McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain*, *op.cit.*, p. 12.

¹²⁶ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 358.

1.4 Les typologies d'usage de la blockchain

Jusqu'à présent, nous avons principalement expliqué le fonctionnement de la toute première application de la technologie blockchain - le Bitcoin. Or, tout domaine impliquant traditionnellement l'appel à un tiers de confiance peut être transformé par la blockchain¹²⁷. Les domaines d'application de la blockchain aujourd'hui sont extrêmement variés. Mis à part le secteur financier, des services existent dans l'énergie, le commerce, le transport et la logistique, la gestion des droits numériques, la santé, l'administration et l'État¹²⁸.

Nous pouvons distinguer trois typologies d'usages de la blockchain : les cryptomonnaies et portefeuilles numériques permettent de contourner le système bancaire traditionnel dans les transferts d'actifs financiers¹²⁹; la technologie du grand livre réparti permet d'enregistrer tout type d'information de manière immuable et d'ainsi assurer une traçabilité et une transparence de l'information¹³⁰; et les contrats intelligents offrent la possibilité d'automatiser des communications et des transactions entre parties, en exécutant des actions validées au préalable par des parties prenantes¹³¹.

« Un *smart contract* n'est pas forcément un contrat au sens juridique du terme. Il est plutôt une modalité technique d'exécution de celui-ci »¹³².

Because practical smart contracts are relatively new technology, it is not yet clear to what extent these are legally binding, or how they should be interpreted. In many

¹²⁷ Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., et Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering : The International Journal of Wirtschaftsinformatik*, 59(3), p. 186.

¹²⁸ Berbain, C. (2017). La blockchain, *op.cit.*, p. 8.

¹²⁹ Plisson, C.F. (2017). La blockchain, un bouleversement économique, juridique voire sociétal. *I2D - Information, données & documents*, 54(3), p. 21

¹³⁰ Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 66.

¹³¹ Plisson, C.F. (2017). La blockchain, un bouleversement économique, *op.cit.*, p. 21.

¹³² *Ibid.*

cases, the jurisdiction will not even be clear and to the best of our knowledge there has not yet been a case where a judge ruled on the interpretation of a smart contract¹³³.

Ethereum fut la première blockchain à prendre en charge l'exécution des contrats intelligents. Ces derniers sont des protocoles informatiques permettant d'exécuter les termes d'un contrat, contournant ainsi les intermédiaires impliqués dans la cession d'actifs, tels que les avocats et les banques. De ce fait, ils ont le potentiel de perturber l'ensemble du processus de transaction en exécutant automatiquement les contrats de manière rentable, transparente et sécurisée. Ils peuvent également être utilisés pour contrôler les titres de propriété privée matérielle ou incorporelle¹³⁴. Ils bénéficient des mêmes caractéristiques que la blockchain : « leur exécution est irrémédiable et leur code est vérifiable librement par les nœuds du réseau »¹³⁵.

Nous avons donc présenté dans ce chapitre l'écosystème de la blockchain, ainsi que le contexte dans lequel il a émergé. Cette technologie permet d'améliorer tout processus où les individus ont besoin d'accéder, de vérifier, d'envoyer ou de stocker de l'information de manière sécurisée¹³⁶.

¹³³ Wüst, K., et Gervais, A. (2018, June). Do you need a blockchain? *op.cit.*, p. 52.

¹³⁴ Nofer, M., et al. (2017). Blockchain, *op.cit.*, p. 185.

¹³⁵ Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 71.

¹³⁶ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, p. 5.

CHAPITRE 2

LA BLOCKCHAIN EN FAVEUR DE L'INCLUSION FINANCIÈRE

Il sera question dans ce chapitre d'exposer comment la blockchain peut être mobilisée pour promouvoir une meilleure inclusion financière pour les segments les plus vulnérables de la société, et d'ainsi contribuer à la réalisation de plusieurs ODD. Plus précisément, nous mobilisons deux applications blockchains : les cryptomonnaies et les identités numériques auto-souveraines.

2.1 Les cryptomonnaies pour élargir l'accès au système financier

Dans une première sous-partie, nous explorerons comment les cryptomonnaies ont le potentiel d'élargir l'accès au système financier conventionnel pour les individus se situant au plus bas de la pyramide. Nous présenterons d'abord la situation actuelle, notamment les limites inhérentes des systèmes de paiements conventionnels qui conduisent à une population non desservie. Ensuite, nous exposons la solution blockchain, notamment en ce qu'elle permet de contourner l'infrastructure bancaire formelle et d'ainsi élargir l'accès au système financier. Finalement, nous présenterons quelques études de cas qui corroborent l'idée selon laquelle une meilleure inclusion financière contribue à la réalisation de plusieurs ODD.

2.1.1 La situation actuelle

Dans les systèmes bancaires nationaux actuels, une transaction d'un compte A vers un compte B comprend plusieurs étapes et divers intermédiaires de confiance - ce qui entraîne des coûts et délais supplémentaires¹³⁷. C'est à travers ce système traditionnel que la plupart des individus reçoivent des paiements tels que leurs salaires, des transferts gouvernementaux ou des transferts nationaux de leurs proches¹³⁸. De même, le caractère fragmenté du système de paiement mondial accroît le coût et les délais des paiements transfrontaliers, qui sont une source importante de revenus. Qu'il s'agisse d'investissements étrangers, d'envois de fonds déboursés par des migrants économiques dans leurs pays d'origine ou d'une organisation d'aide finançant un projet à l'étranger, ces transferts sont l'une des principales sources de financement extérieur pour les PED, en particulier pour les ménages à faibles revenus¹³⁹.

Or, le système financier conventionnel a plusieurs limites inhérentes qui conduisent à une population non desservie¹⁴⁰. En 2017, à l'échelle globale, environ 1.7 milliard d'adultes ne sont pas bancarisés via une institution financière ou un fournisseur d'argent mobile¹⁴¹. Selon la Banque mondiale, être en mesure d'avoir accès à un compte bancaire est pourtant une première étape vers une inclusion financière plus large, puisqu'elle permet aux individus d'envoyer et de recevoir des paiements, ainsi que d'épargner. L'accès à un compte bancaire ouvre ensuite la voie à d'autres services financiers, tels que le crédit et l'assurance, pour entreprendre, mais également pour investir dans l'éducation ou la santé. L'inclusion financière est donc considérée comme un catalyseur clé pour réduire la pauvreté, stimuler la prospérité économique et améliorer la qualité globale de la vie¹⁴².

¹³⁷ Wüst, K., et Gervais, A. (2018, June). Do you need a blockchain?, *op.cit.*, p. 49.

¹³⁸ Demirguc-Kunt, A., et al. (2018). *The Global Findex Database 2017*, *op.cit.*, p. 43.

¹³⁹ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 16; Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, p. 18.

¹⁴⁰ Sapovadia, V. (2018). Financial Inclusion, *op.cit.*, p. 362.

¹⁴¹ Demirguc-Kunt, A., et al. (2018). *The Global Findex Database 2017*, *op.cit.*, p. 35.

¹⁴² The World Bank. (2018, 2 octobre). *Financial Inclusion*, *op.cit.*

Selon la Banque mondiale, l'exclusion financière signifie que les services financiers ne sont pas disponibles ou abordables pour les segments les plus marginalisés de la société. Elle augmente considérablement le risque d'exclusion sociale et de pauvreté. Elle affecte de manière disproportionnée certains groupes démographiques, notamment les personnes à faible revenu, non scolarisées, qui font partie d'une minorité ethnique ou qui sont issues de l'immigration et qui sont soit très âgées ou très jeunes. Les femmes sont également deux fois plus susceptibles de se retrouver complètement exclues des services financiers que les hommes. La fréquence de l'exclusion financière est plus élevée dans les zones rurales que dans les zones urbaines, et largement plus élevée dans les zones défavorisées¹⁴³.

D'après un sondage de la Banque mondiale en 2017, 26% des répondants non bancarisés ont cité les coûts de transactions élevés comme étant un obstacle déterminant à leur bancarisation¹⁴⁴. Notons qu'en 2019, le coût moyen mondial pour un transfert d'une valeur de 200\$ est de 7%¹⁴⁵, et ce malgré l'engagement de la communauté internationale à décliner ces coûts. En effet, dans le but de réduire les inégalités dans les pays et entre les pays, l'objectif 10c s'engage, d'ici 2030, « à réduire à moins de 3% 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% »¹⁴⁶. Le système financier actuel, et les frais qui y sont associés se présentent donc comme une barrière, parmi tant d'autres, au développement économique des populations non bancarisées.

¹⁴³ Sapovadia, V. (2018). *Financial Inclusion*, *op.cit.*, pp. 363-365.

¹⁴⁴ D'autres obstacles sont également soulevés, tels que le manque d'argent, les distances de déplacement vers les institutions financières et les exigences de documentation liées à l'ouverture d'un compte bancaire. Demirguc-Kunt, A., et al. (2018). *The Global Findex Database 2017*, *op.cit.*, pp. 39-40.

¹⁴⁵ The World Bank. (2019, 8 avril). *Record high remittances sent globally in 2018*. Récupéré de <<https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/04/08/record-high-remittances-sent-globally-in-2018>>.

¹⁴⁶ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable*, *op.cit.*, objectif 10c.

Selon la Banque mondiale, deux tiers de la population non desservie possèdent pourtant un téléphone mobile qui pourrait les connecter à l'économie mondiale. En effet, les téléphones mobiles et Internet révèlent des opportunités pour l'inclusion financière. Par exemple, les services financiers numériques éliminent le besoin de parcourir de longues distances pour se rendre à une institution financière. Ils décroissent le coût de la fourniture des services financiers et augmente leur accessibilité¹⁴⁷. Pour les personnes vivant dans les zones rurales ou avec moins de 2,50 dollars par jour, l'argent mobile est en train de devenir une source courante d'inclusion financière, comme le témoigne M-Pesa, un service de transfert d'argent mobile au Kenya, en Tanzanie, au Rwanda et au Ghana¹⁴⁸. Avant M-Pesa, seulement 20% des Kényans disposaient d'un compte bancaire. Aujourd'hui, plus de 70% en possèdent un¹⁴⁹.

Cependant, il reste encore beaucoup à faire pour parvenir à une réelle inclusion financière universelle. Mais les technologies mobiles et numériques semblent pouvoir jouer un rôle clé dans la réalisation de cet objectif¹⁵⁰.

2.1.2 La solution blockchain

Les nouveaux systèmes de transaction, caractérisés par l'utilisation des cryptomonnaies et des portefeuilles numériques¹⁵¹, possèdent un attrait particulier pour les populations démunies puisqu'ils sont souvent moins coûteux que les transferts d'argent mobile¹⁵². Dans les années récentes, l'industrie du mobile investit

¹⁴⁷ Demirguc-Kunt, A., et al. (2018). *The Global Findex Database 2017*, op.cit., pp. 91-92.

¹⁴⁸ Sapovadia, V. (2018). *Financial Inclusion*, op.cit., p. 377.

¹⁴⁹ Weru, J. (2018). Cryptomonnaies : l'information plutôt que le buzz. *ICT Update (88)*, p. 12.

¹⁵⁰ Chu, A. B. (2018). Mobile technology and financial inclusion. Dans *Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion, Volume 1*. Academic Press, p. 133.

¹⁵¹ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, op.cit., p. 19.

¹⁵² Ministry of Foreign Affairs of Denmark, Sustainia et Coinify (2017). *Hack the Future of Development Aid*, p. 12.

et collabore avec des start-ups pour le développement et la mise en œuvre de projets blockchains, en partenariat avec les gouvernements et les acteurs du développement¹⁵³.

Lorsque les utilisateurs souhaitent acheter des produits ou des services, ils utilisent un portefeuille numérique pour envoyer et recevoir de la cryptomonnaie ou l'échanger contre de la monnaie fiduciaire¹⁵⁴. L'utilisation d'un portefeuille numérique sur un téléphone mobile équivaut à l'ouverture d'un compte bancaire. Chaque individu devient ainsi sa propre banque¹⁵⁵. Ces plateformes offrent des services similaires aux banques, y compris la compensation et le règlement des actifs financiers¹⁵⁶, ainsi que des produits financiers comme l'assurance¹⁵⁷.

Puisque l'utilisation des cryptomonnaies n'est pas encore généralisée, la plupart des individus doivent effectuer plusieurs échanges de devises pour pouvoir transiger, ce qui introduit de nouveaux coûts, en particulier dans les PED, où il existe peu ou simplement pas de marché d'échange de monnaie locale en cryptomonnaie. Les transactions sont alors coûteuses ou parfois impossibles. Par conséquent, diverses plateformes de cryptomonnaies proposent à ses utilisateurs de transiger dans n'importe quelle monnaie, réelle ou numérique, ce qui assure l'interopérabilité entre différents opérateurs d'argent mobile. La plateforme applique le meilleur taux de change offert sur le réseau, ce qui permet de réduire les coûts¹⁵⁸.

Une analyse réalisée en 2018 étudie l'effet des transactions Bitcoin sur deux concepts clés permettant aux individus d'améliorer leur qualité de vie : l'inclusion financière (mesuré par des indicateurs tels que la manière dont les gens épargnent, empruntent,

¹⁵³ GSMA (2017). *Blockchain for development, op.cit.*, pp. 10-11.

¹⁵⁴ McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain, op.cit.*, p. 13.

¹⁵⁵ Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future, op.cit.*, p. 10.

¹⁵⁶ Zheng, Z. et al (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 363.

¹⁵⁷ Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future, op.cit.*, p. 15.

¹⁵⁸ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, pp.18- 20.

effectuent des paiements et gèrent les risques) et le développement humain (mesuré par l'IDH) – la pénétration Internet étant un prérequis déterminant¹⁵⁹. Sur la base d'un échantillon de 45 pays, les résultats de cette analyse montrent une forte corrélation positive entre les transactions bitcoin et le développement humain, entre les transactions bitcoin et l'inclusion financière et entre l'inclusion financière et le développement humain. L'effet Bitcoin identifié signifie que des taux plus élevés de transactions Bitcoin augmenteront la prospérité dans l'économie mondiale, ce qui entraînera le développement et la croissance économique (tant que des éléments clés du développement tels que l'état de droit, les droits de propriété, les droits humains et l'accès aux services de santé et d'éducation sont présents)¹⁶⁰.

Bitcoin transactions enable economic development through financial inclusion of those who would otherwise not have access to the payment systems they need to carry out financial transactions. Bitcoin usage has made financial inclusion possible through this decentralized infrastructure because it operates on a peer-to-peer ledger system in which transactions can be completed without a bank or financial institution¹⁶¹.

Nous sommes conscients que l'utilisation des cryptomonnaies ne change en rien les inégalités structurelles inhérentes à nos sociétés. Néanmoins, combinées aux technologies mobiles, les cryptomonnaies sont des instruments capables de couvrir la population mal desservie, en ouvrant l'accès aux services financiers à l'aide d'un simple téléphone portable¹⁶². Grâce à l'automatisation et à la désintermédiation du système de paiement, à la réduction des coûts et à la sécurité des transferts, les communautés périphériques et marginales ont la possibilité de se connecter entre elles, ainsi qu'avec le marché mondial. En permettant le transfert quasi instantané de cryptomonnaie, à un tarif nettement moins cher que les services établis, la blockchain

¹⁵⁹ Qureshi, S., et Xiong, J. (2018). Global Financial Inclusion and Human Development: The Bitcoin Effect. *GlobDev*, pp. 10 et 23.

¹⁶⁰ *Ibid.* p. 21.

¹⁶¹ *Ibid.* p. 8.

¹⁶² Sapovadia, V. (2018). Financial Inclusion, *op.cit.*, pp. 383-384.

rend le transfert de petites quantités de monnaie économiquement viable, ce qui entraîne un élargissement de l'inclusion financière¹⁶³.

By enabling people with Internet access to earn money stored in digital wallets, those who were previously excluded from the financial system could earn and control their own money using Bitcoins (Vigna & Casey, 2016). The use of Bitcoin wallets has the potential to empower people through asset ownership and financial inclusion¹⁶⁴.

2.1.3 Les études de cas

L'utilisation des cryptomonnaies peut potentiellement avoir un impact positif sur l'Agenda 2030. En premier lieu, en contournant l'infrastructure bancaire, les cryptomonnaies permettent de réduire les frais de transactions élevés, et d'ainsi contribuer à la réduction des inégalités¹⁶⁵. De ce fait, elles permettent de lutter contre la pauvreté¹⁶⁶, en connectant financièrement des populations précaires dans les PED, aux migrants économiques vivant dans les pays développés¹⁶⁷. Notons qu'avec l'essor du commerce local de bitcoins sur le continent africain, de réels écosystèmes de cryptomonnaie se sont développés, notamment au Kenya, en Afrique du Sud, au Ghana et au Nigéria¹⁶⁸.

There is a sense that the role of cryptocurrencies as a financial tool can potentially play an important role in the sustainable development of the global economy (Nguyen, 2016). By enabling greater transparency, accountability and business opportunity, cryptocurrencies bring those at the bottom of the pyramid to borderless economic opportunities¹⁶⁹.

Par exemple, la plateforme BitPesa, basée à Nairobi, se concentre sur la fourniture des services de transferts de fonds des migrants économiques à un taux fixe de 3%.

¹⁶³ Kewell, B., et al. (2017). Blockchain for good?, *op.cit.*, p. 434.

¹⁶⁴ Qureshi, S., et Xiong, J. (2018). The Bitcoin Effect, *op.cit.*, p. 3.

¹⁶⁵ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable*, *op.cit.*, objectif 10c.

¹⁶⁶ *Ibid.* objectif 1.

¹⁶⁷ Sapovadia, V. (2018). Financial Inclusion, *op.cit.*, p. 371

¹⁶⁸ Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future*, *op.cit.*, p. 13

¹⁶⁹ Qureshi, S., et Xiong, J. (2018). The Bitcoin Effect, *op.cit.*, p. 7.

Le Bitcoin est utilisé comme moyen d'échange par les expéditeurs au Royaume-Uni. Lors d'un transfert via BitPesa, les bitcoins sont immédiatement convertis en shillings kényans, ce qui limite les risques associés aux fluctuations des devises. Ces transactions sont versées directement dans des portefeuilles mobiles et des comptes bancaires au Kenya, que les bénéficiaires peuvent utiliser directement ou convertir en espèces¹⁷⁰. BitPesa est également utilisée en République démocratique du Congo, au Nigéria, en Tanzanie et en Ouganda, pour connecter les populations à des partenaires aux États-Unis et en Chine. Outre les services de paiements, BitPesa offre également des services de conversion des bitcoins en devises locales, en dollars américains et autres devises¹⁷¹.

Certaines plateformes offrent également des services de micro-financement et de micro-crédit¹⁷², ce qui peut être un outil d'inclusion sociale et financière, car elles aident à prévenir et à traiter des aspects de l'exclusion comme la pauvreté, les faibles revenus et le manque d'emploi¹⁷³. Par exemple MOEDA, une plateforme bancaire coopérative gérée par la blockchain, permet à des donateurs de financer des petits entrepreneurs en cryptomonnaie, distribuée sous forme de prêts en monnaie fiduciaire¹⁷⁴.

"Moeda provides a transparent impact investment platform to impact investors and a banking-as-a-service platform to entrepreneurs who will be receiving loans to not only fund, but to scale and grow their businesses," Taynaah Reis, CEO of Moeda, says. "In turn, their local communities will directly benefit."¹⁷⁵

¹⁷⁰ Sapovadia, V. (2018). Financial Inclusion, *op.cit.*, p. 377.

¹⁷¹ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 43.

¹⁷² Zwitter, A., et Herman, J. (2018). Blockchain for Sustainable Development Goals - #Blockchain4SDGs, Report 2018. Dans *Blockchain4SDGs workshop*. University of Groningen, p. 27.

¹⁷³ Sapovadia, V. (2018). Financial Inclusion, *op.cit.*, p. 365.

¹⁷⁴ Zwitter, A., et Herman, J. (2018). Blockchain for Sustainable Development Goals, *op.cit.*, p. 27.

¹⁷⁵ Coca, N. (2017, 20 décembre). *Moeda : the Cooperative Cryptocurrency that aims to advance financial inclusion*. Récupéré de <<https://www.shareable.net/why-are-young-people-joining-cooperatives-3-youth-leaders-share-their-views/>>.

Un autre exemple est celui de BanQu, une société technologique basée aux États-Unis, qui cherche à résoudre l'exclusion financière en proposant une plateforme que les personnes non bancarisées peuvent utiliser de manière simple sur n'importe quel téléphone portable. Sur cette plateforme, les individus peuvent effectuer des achats, envoyer et recevoir des fonds, et se connecter aux agences de développements, organisations gouvernementales et institutions financières. L'utilisation de la blockchain permet une meilleure sécurité des données, un règlement plus rapide des paiements et une réduction des frais de transaction. Cette application est déjà utilisée dans certaines des régions les plus pauvres du monde¹⁷⁶.

Les cryptomonnaies contribuent à l'égalité entre les sexes¹⁷⁷, car elles ont le potentiel d'autonomiser les femmes, qui sont surreprésentées parmi les personnes sous-bancarisées à l'échelle planétaire¹⁷⁸. Bien qu'elles ne parviennent pas complètement à régler l'accès inégal et genré, les technologies mobiles et numériques facilitent l'exposition des femmes aux services financiers et sont essentielles pour réduire les taux mondiaux de pauvreté et de faim. En ayant accès aux ressources financières, les femmes sont plus susceptibles de réinvestir leurs ressources au niveau familial¹⁷⁹.

Elles contribuent également à l'éradication de la faim¹⁸⁰ à travers ses initiatives dans le secteur de l'agriculture - secteur qui fournit un moyen de subsistance à la plupart des populations appauvries du monde¹⁸¹. Tout comme les agriculteurs non bancarisés ont pu bénéficier de la sécurité et de la commodité de l'argent mobile pour leurs ventes agricoles¹⁸², ces derniers peuvent également bénéficier des cryptomonnaies.

¹⁷⁶ Galen, D. et al. (2018). Blockchain for Social Impact, *op.cit.*, p. 29.

¹⁷⁷ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable, op.cit.*, objectif 5.

¹⁷⁸ Demirguc-Kunt, A., et al. (2018). *The Global Findex Database 2017, op.cit.*, p. 36.

¹⁷⁹ SDG Knowledge Hub. (2019, 10 janvier). *Financial Inclusion Through Mobile Technology: Closing the Agricultural Gender Gap*. Récupéré de <<https://sdg.iisd.org/commentary/generation-2030/financial-inclusion-through-mobile-technology-closing-the-agricultural-gender-gap/>>.

¹⁸⁰ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable, op.cit.*, objectif 2.

¹⁸¹ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire, op.cit.*, p. 42.

¹⁸² Demirguc-Kunt, A., et al. (2018). *The Global Findex Database 2017, op.cit.*, p. 12.

En effet, les petits exploitants agricoles peinent souvent à obtenir une rémunération juste pour leurs produits¹⁸³, et connaissent des délais significatifs dans le paiement de leurs produits¹⁸⁴. Avec la blockchain, ils peuvent accéder aux services bancaires, aux micro-paiements et aux prêts¹⁸⁵. Grâce à la facilité et rapidité des paiements en cryptomonnaies, ils sont rendus visibles dans les chaînes d'approvisionnement mondiales, ce qui leur permet de se positionner en tant que producteurs compétitifs¹⁸⁶.

À titre d'exemple, Choco4Peace, une start-up basée à Montréal, utilise la technologie de la blockchain Hyperledger en Colombie afin « de favoriser l'expansion de la production de cacao »¹⁸⁷ et « de sortir les petits exploitants de la production de cocaïne et de la pauvreté via l'accès à des sources de financement »¹⁸⁸. Pourtant le cinquième producteur mondial de cacao, la Colombie peine à concrétiser son potentiel de production et d'exportation de cacao sur le marché mondial. En effet, les producteurs de cacao dans les régions post-conflit n'avaient « qu'un accès restreint aux ressources financières en raison d'obstacles liés à la communication, au transport, à la qualité des produits, à la corruption, etc. »¹⁸⁹. D'autant plus que les guérillas contraignaient les petits exploitants à cultiver de la coca destinée à la production de cocaïne¹⁹⁰.

« En réponse à ce problème, la plateforme de blockchain de Choco4Peace utilise un financement mixte, combinant les fonds et outils offerts disponibles avec ceux du gouvernement colombien »¹⁹¹. Après avoir identifié les agriculteurs, et plus largement

¹⁸³ Toulon, N. (2018). La blockchain: opportunités et défis pour l'agriculture. *ICT Update (88)*, p. 9.

¹⁸⁴ Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future, op.cit.*, p. 15.

¹⁸⁵ Toulon, N. (2018). La blockchain: opportunités et défis pour l'agriculture, *op.cit.*, p. 9.

¹⁸⁶ Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future, op.cit.*, p. 15.

¹⁸⁷ Oakes, E. (2018). Construire des vies dignes pour les petits exploitants. *ICT Update (88)*, p. 14.

¹⁸⁸ *Ibid.*

¹⁸⁹ *Ibid.*

¹⁹⁰ *Ibid.*

¹⁹¹ *Ibid.* pp. 14-15.

les individus affectés par le conflit, la plateforme « leur fournit des outils pour renforcer leurs capacités (assurance, formation, technologie, services de certification) »¹⁹², afin qu'ils deviennent des investissements à faible risque. Ils sont ensuite « intégrés à la plateforme économique, où ils sont regroupés avec les chocolatiers, investisseurs et parties prenantes »¹⁹³. Par ailleurs, la plateforme permet également d'enregistrer « les impacts socio-économiques et environnementaux des pratiques agricoles durables mises en œuvre par les producteurs »¹⁹⁴.

L'enregistrement de chaque transaction par la blockchain permet aux acheteurs et consommateurs de retracer l'origine du cacao, garantissant ainsi la confiance, la traçabilité et la transparence. La technologie renforce les relations entre investisseurs et petits exploitants dans des régions rurales souvent instables. Elle réduit également les coûts et le temps nécessaire aux opérations, tout en renforçant la coopération via la suppression des intermédiaires grâce à la transparence accrue des interactions qui diminue le nombre d'acteurs requis¹⁹⁵.

On constate que les cryptomonnaies peuvent également être utiles dans le contexte des transferts de l'aide internationale. En effet, le financement de l'aide internationale est crucial dans le cadre de l'Agenda 2030¹⁹⁶. Des milliards de dollars¹⁹⁷ sont dépensés annuellement par les ONG, États et fondations privées dans la distribution et l'administration de l'aide au développement¹⁹⁸. Pourtant, les modèles actuels de fourniture d'aide aux pays en développement sont inhéremment défectueux. Les problèmes incluent un manque de transparence, une mauvaise gestion des fonds et

¹⁹² *Ibid.* p. 15.

¹⁹³ *Ibid.*

¹⁹⁴ *Ibid.*

¹⁹⁵ *Ibid.*

¹⁹⁶ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable, op.cit.*, objectif 17.16

¹⁹⁷ Rappelons que le programme de développement durable a lui-même été évalué entre 2,500 et 3,000 milliards de dollars sur 15 ans. Secrétaire général des Nations Unies (2019). Roadmap for Financing the 2030 Agenda for Sustainable Development, p. 1. Par ailleurs, le plan d'action d'Addis-Abeba stipule l'importance que tous les acteurs publics et privés soient mobilisés pour financer le développement. Nations Unies. *Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 27 juillet 2015. 69/313. Programme d'action d'Addis-Abeba issu de la troisième Conférence internationale sur le financement du développement (Programme d'action d'Addis-Abeba)*, Doc off AG NU, A/CONF.227/L.1.

¹⁹⁸ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised, op.cit.*, p. 10.

des ressources, ainsi que la gangrène qu'est la corruption¹⁹⁹. Les agences devraient avoir les moyens de surveiller les projets déployés, d'accéder aux informations relatives aux activités en cours et prévues, aux flux financiers et aux mesures d'évaluation; et de rendre publiques ces données pour permettre aux citoyens et aux *watchdog groups* d'imputabiliser les acteurs intervenants²⁰⁰.

À titre d'exemple, Disberse est une plateforme de gestion des fonds qui visent à rendre la fourniture de l'aide au développement et humanitaire plus transparente et efficace. En utilisant un registre à accès restreint, et en ouvrant un portefeuille numérique sur la plateforme, chacune des parties prenantes (donateurs, gouvernements, ONG, etc.) peuvent transférer et retracer leurs fonds, veiller à ce que les ressources atteignent réellement les bénéficiaires et repérer les inefficacités dans la chaîne d'approvisionnement. Les fonds sont d'abord déposés sur le compte de Disberse par le donateur en monnaie fiduciaire. Ces fonds sont ensuite tokénisés, c'est-à-dire convertis en valeur numérique, pouvant être distribués via le portefeuille numérique, et tracés en temps réel. Une fois que les jetons atteignent le bénéficiaire final, ils peuvent être échangés contre de l'argent fiduciaire auprès de l'un des partenaires financiers ou commerciaux locaux de Disberse. En début de 2017, Disberse a mis en œuvre son premier projet pilote au Swaziland pour soutenir l'éducation des filles²⁰¹ :

The funds were distributed from a UK NGO to a Swazi NGO, and then on to four local schools, supporting vulnerable girls left as orphans by the HIV/AIDS epidemic. The pilot proved that Disberse's permissioned blockchain provides the ideal platform for delivering aid. It enabled cheaper and faster transfers, both locally and

¹⁹⁹ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 31; Kshetri, N. et Voas, J. (2018). Blockchain in developing countries, *It Professional*, 20(2), p. 12; Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, p. 12; Thomason, J., Ahmad, M., Bronder, P., Hoyt, E., Pockock, S., Bouteloupe, J., ... Shrier, D. (2018). Blockchain - Powering and Empowering the Poor in Developing Countries. Dans *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains*. Academic Press, p. 140; GSMA (2017). *Blockchain for development*, *op.cit.*, p. 19.

²⁰⁰ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 31.

²⁰¹ GSMA (2017). *Blockchain for development*, *op.cit.*, pp. 20-21.

internationalement, ainsi que l'accès à de meilleures taux de change au niveau local. Disberse saved the donor 2.5% on their transfer fees, which meant the NGO could fund an additional three girls to go to school for a year. The NGO was also able to see in real time how the funds were being distributed down the chain, and where funds were at any given time²⁰².

2.2 L'identité numérique auto-souveraine pour élargir l'accès aux services et droits fondamentaux

Dans une deuxième sous-partie, nous explorerons comment les identités numériques basées sur la blockchain offrent la possibilité aux individus dépourvus d'identité légale d'exercer leurs droits les plus fondamentaux et d'accéder à des services essentiels. Nous présenterons d'abord la situation actuelle, notamment l'écart de couverture d'identité dans le monde. Ensuite, nous exposons la solution blockchain, soit l'identité auto-souveraine, qui permet de conférer une identité permanente et immuable. Finalement, nous présenterons quelques études de cas qui corroborent l'idée selon laquelle la possession d'une identité légale contribue à la réalisation de plusieurs ODD.

2.2.1 Situation actuelle

L'article 6 de la Déclaration universelle des droits de l'homme stipule que « chacun a le droit à la reconnaissance en tous lieux de sa personnalité juridique »²⁰³. Pourtant à compter de 2018, plus d'un milliard d'individus dans le monde vivent sans preuve documentée de leur existence²⁰⁴. La plupart des populations appauvries dans le monde vivent sans papiers²⁰⁵, ce qui signifie qu'ils sont exclus de la société moderne et des activités quotidiennes que la majorité des citoyens tiennent pour acquises. Ce

²⁰² *Ibid.* p. 21.

²⁰³ Nations Unies. *Déclaration universelle des droits de l'homme* (1948, 10 décembre), Doc off AG NU, rés 217 A (III).

²⁰⁴ The World Bank (2018). *Identification for Development (1D4D) Data*, *op.cit.*

²⁰⁵ Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future*, *op.cit.*, p. 4.

problème affecte de manière disproportionnée les femmes et les enfants des zones rurales démunies en Afrique et en Asie²⁰⁶, et particulièrement les plus de 70 millions de personnes déplacées de force à travers le globe, dont 25 millions sont des réfugiés²⁰⁷. Dans les pays à faible revenu, c'est plus d'un adulte sur trois qui ne possède pas la preuve de son identité légale; et près d'une femme sur deux²⁰⁸.

En effet, selon la Banque mondiale, les plus vulnérables de la société sont soumis à de multiples barrières économiques, sociales et procédurales qui influencent l'écart de couverture d'identité. Du côté de la demande, plusieurs facteurs sont cités, tels que la difficulté à appliquer ou le manque de documentation nécessaire pour le faire; de même que les coûts formels comme les frais procéduraux, et les coûts informels comme le transport et le temps nécessaire pour faire la demande²⁰⁹. Du côté de l'offre, dans certains cas, les gouvernements n'ont simplement pas la capacité de délivrer des pièces d'identité à leurs citoyens²¹⁰. Ou encore, certains gouvernements refusent de fournir une identité à certains individus, comme en témoignent les quatre millions d'apatrides qui se sont vu refuser la nationalité et les droits fondamentaux qui l'accompagne²¹¹.

Ne pas être doté d'une preuve d'identité valide est un obstacle majeur à la croissance économique et au développement durable, car elle empêche la participation active à la

²⁰⁶ Pisa, M., et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 22; Clark, J., Dahan, M., Desai, V., Ienco, M., de Labriolle, S., Pellestor, J. P., ... et Varuhaki, Y. (2016). *Digital identity: towards shared principles for public and private sector cooperation*. A Joint World Bank Group, GSMA and Secure Identity Alliance Discussion Paper, p. 11.

²⁰⁷ Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world: Credentials-based identity systems as a driver for economic inclusion. *Frontiers in Blockchain*, 2, p. 5.

²⁰⁸ World Bank (2019). *Identification for Development (ID4D) 2019 Annual Report*. Washington, D.C: World Bank Group, p. 9.

²⁰⁹ World Bank (2019). *Identification for Development (ID4D)*, *op.cit.*, pp. 9 et 17.

²¹⁰ GSMA (2017). *Blockchain for development*, *op.cit.*, p. 12.

²¹¹ Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world, *op.cit.*, p. 5.

vie sociale, politique et économique²¹². Lorsqu'une personne souhaite accéder à des services tels que des subventions gouvernementales, ouvrir un compte bancaire ou obtenir une carte SIM mobile, elle est tenue de prouver son identité à l'aide de documents émis par le gouvernement²¹³. Sans identité légale, les individus sont rendus invisibles pour les prestataires de services essentiels²¹⁴ :

For example, they might be limited from accessing financial services like opening a bank account or obtaining credit; social benefits like vouchers, pensions, or cash transfers may be inaccessible; and healthcare benefits like insurance, vaccinations, and maternal care may be out of reach. In addition, it may be challenging to enroll children in school or apply for scholarships. Political and legal rights, such as voting, filing petitions in court, owning property, or receiving an inheritance are also inaccessible. Gender rights, such as preventing early and child marriage, and migrant rights, such as seeking asylum or crossing borders legally and safely, are also limited²¹⁵.

Pour les réfugiés, ne pas être doté d'une identité légale menace leur capacité d'accéder à l'assistance humanitaire, de se déplacer librement dans leur pays d'exil, d'accéder à l'emploi, d'enregistrer la naissance de leurs enfants ou d'être rapatriés²¹⁶. Ils se retrouvent également plus vulnérables face à l'exploitation, l'abus et le trafic²¹⁷.

Depuis de nombreuses années, la Banque mondiale stipule que l'identification est devenue une nécessité pour l'inclusion financière, l'accès aux services essentiels et l'exercice de droits fondamentaux²¹⁸. Leur étude réalisée en 2019 témoigne de cette relation : les adultes possédant une pièce d'identité sont plus à même de posséder un compte bancaire dans une institution financière, un compte d'argent mobile ou un

²¹² Clark, J., et al. (2016). *Digital identity, op.cit.*, p. 11; World Bank (2019). *Identification for Development (ID4D), op.cit.*, p. 2.

²¹³ GSMA (2017). *Blockchain for development, op.cit.*, p. 12.

²¹⁴ World Bank (2019). *Identification for Development (ID4D), op.cit.*, p. 2; Wigley, B., et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised, op.cit.*, p. 14.

²¹⁵ Galen, D. et al. (2018). *Blockchain for social impact, op.cit.*, p. 27.

²¹⁶ GSMA (2017). *Blockchain for development, op.cit.*, p. 12.

²¹⁷ Wigley, B., et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised, op.cit.*, p. 14.

²¹⁸ Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world, *op.cit.*, p. 4.

téléphone mobile - que ceux qui n'en possèdent pas. Bien que la possession d'une identité légale ne soit pas suffisante à elle seule pour favoriser l'inclusion financière, elle peut néanmoins faciliter l'accès aux services financiers, gouvernementaux et de téléphonie mobile²¹⁹. Sans identification, les individus sont confrontés à une contrainte supplémentaire dans l'accès à ces services²²⁰, exacerbant davantage l'exclusion numérique, sociale et financière²²¹.

Parvenir à un développement inclusif nécessite un effort soutenu pour combler le fossé identitaire du monde²²². Reconnaisant cela, l'Agenda 2030 s'est fixé comme objectif de « fournir une identité juridique à tous, y compris l'enregistrement des naissances, d'ici 2030 »²²³. À cet effet, l'initiative ID2020 - un partenariat multipartite entre gouvernements, agences des Nations Unies, ONG, OBNL, entreprises et banques²²⁴ - aide les pays à tirer parti des technologies numériques émergentes pour étendre la portée des identités légales²²⁵. Parallèlement, la communauté du développement a défini, avec l'aide de la Banque mondiale et du *Center for Global Development*, un ensemble de 10 principes que les systèmes d'identification devraient respecter, incluant la garantie d'une couverture universelle de la naissance au décès, la fourniture d'une identité unique, sécurisée et précise, et la protection de la vie privée des utilisateurs, entre autres²²⁶.

²¹⁹ World Bank (2019). *Identification for Development (ID4D)*, *op.cit.*, pp. 10-11.

²²⁰ Notons que 33% des adultes non bancarisés dans les pays à faible revenu ont cité le manque de documents d'identification comme obstacle à leur bancarisation. *Ibid.* p. 9.

²²¹ Clark, J., et al. (2016). *Digital identity*, *op.cit.*, p. 12.

²²² *Ibid.* p. 11.

²²³ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable*, *op.cit.*, objectif 16.9.

²²⁴ Wigley, B., et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, p. 14; Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world, *op.cit.*, p. 5.

²²⁵ Dunphy, P., et Petitcolas, F. A. P (2018). A first look at identity management schemes on the blockchain. *IEEE Security and Privacy*, 16(4), p. 20.

²²⁶ Pisa, M., et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, pp. 22-23.

L'identité numérique offre une solution à ce défi mondial en passant outre les systèmes d'identification en papier²²⁷ et en étendant la portée des identités légales :

A Digital identity is a collection of electronically captured and stored identity attributes that uniquely describe a person within a given context and are used for electronic transactions [...] A person's digital identity may be composed of a variety of attributes, including biographic data (e.g., name, age, gender, address) and biometric data (e.g., fingerprints, iris scans, hand prints) as well as other attributes that are more broadly related to what the person does or something someone else knows about the individual²²⁸.

Combinée à l'utilisation intensive des appareils mobiles dans les pays en développement, l'identité numérique offre aux secteurs public et privé des moyens efficaces d'atteindre les populations les plus désavantagées²²⁹. Les nouvelles avancées en matière de technologie numérique et de biométrie permettent aux gouvernements de fournir plus facilement et à moindre coût des identifiants numériques sécurisés. Dans plusieurs pays, dont l'Estonie, l'Inde, le Pakistan, le Pérou et la Thaïlande, les citoyens utilisent ces systèmes pour une variété de fonctions²³⁰.

Cependant, les systèmes d'identité numériques centralisés actuels²³¹ comportent plusieurs défauts. D'une part, ces systèmes sont confrontés à des atteintes croissantes à la confidentialité des données. En effet, la nature fragmentée du système actuel de gestion des identités a conduit à la duplication de nos données d'identité sur les serveurs des autorités. Ceci nous oblige à détenir plusieurs formes d'identité, chacune pouvant servir un objectif différent; à posséder de multiples cartes plastiques pour s'authentifier ou pour effectuer des transactions; tout en nous forçant à mémoriser

²²⁷ En effet, les pièces d'identité basées sur un système papier sont désuètes car elles peuvent être sujettes à la perte, à la falsification et à la dégradation. *Ibid.* p. 23.

²²⁸ Clark, J., et al. (2016). *Digital identity, op.cit.*, p. 11.

²²⁹ *Ibid.* pp. 11-12.

²³⁰ Pisa, M., et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 23.

²³¹ Un système d'identité numérique centralisé est un système dans lequel les attributs d'identité des individus sont stockés dans une ou plusieurs bases de données appartenant au gouvernement. Les pièces d'identité émises par l'État servent de base à la plupart des transactions numériques pour les secteurs public et privé. Clark, J., et al. (2016). *Digital identity, op.cit.*, p. 26.

plusieurs noms d'utilisateurs et mot de passe sur diverses plateformes et sites web en ligne. Cela représente un risque de sécurité énorme puisqu'il suffit à un acteur malveillant de pirater une seule base de données majeure pour obtenir les informations de chaque utilisateur²³².

D'autre part, ces systèmes sont vulnérables au contrôle étatique. Les individus se retrouvent sous l'emprise d'une seule autorité, soit les agences gouvernementales, ayant le pouvoir de refuser de leur octroyer une identité, ou bien de la leur retirer à tout moment²³³. Parallèlement, on observe un manque de confiance croissant envers les gouvernements, et par conséquent envers les systèmes d'identification numériques centralisés, qui ne sont pas à l'abri des manipulations frauduleuses²³⁴. D'autant plus que ces systèmes tendent à être particulièrement exclusifs envers les groupes marginalisés tels que les ruraux démunis, les minorités sexuelles et de genre, les déplacés de force et les personnes ayant un handicap - groupes qui font face à des barrières supplémentaires pour obtenir et utiliser leur identification²³⁵.

La question de savoir comment ces données sensibles sont stockées, sécurisées et partagées, mais également quels acteurs les contrôlent est cruciale dans le contexte de la gestion des identités²³⁶. Les vulnérabilités associées au stockage et à l'utilisation des données personnelles par les gouvernements et les entreprises poussent plusieurs

²³² Stokkink, Q., et Pouwelse, J. (2018). Deployment of a blockchain-based self-sovereign identity. In *2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*. Halifax, NS, Canada 30 July 2018 - 3 August 2018. IEEE, p. 1336; Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 24; GSMA (2017). *Blockchain for development, op.cit.*, p. 12.

²³³ GSMA (2017). *Blockchain for development, op.cit.*, p. 12.

²³⁴ Wigley, B., et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised, op.cit.*, p. 14.

²³⁵ World Bank (2019). *Identification for Development (ID4D), op.cit.*, pp. 17-18.

²³⁶ Wigley, B., et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised, op.cit.*, p. 14.

organisations à mobiliser la blockchain pour combler les lacunes des systèmes numériques actuels²³⁷.

2.2.2 Solution blockchain

La blockchain permet de conférer une identité permanente et immuable, en rendant impossible la modification des données qui y sont enregistrées. Puisque le registre distribué de la blockchain est apte à garantir le consensus, la transparence et l'intégrité des données, l'application de cette technologie à la gestion des identités contient un certain nombre d'avantages²³⁸.

La conviction que les individus devraient avoir un plus grand contrôle sur leur propre identité personnelle a conduit au développement de systèmes d'identité auto-souverains, qu'on nomme *self-sovereign identity* (SSI). Dans ce modèle décentralisé, les individus peuvent stocker leurs propres données d'identité sur leurs appareils et les partager, à leur discrétion, sans s'appuyer sur une entité centrale²³⁹. Ce processus réduit le nombre d'entités qui doivent avoir accès à l'information, supprime complètement certains intermédiaires²⁴⁰ et élimine la possibilité que l'identité puisse être retirée arbitrairement²⁴¹. L'accès aux données est protégé par des signatures numériques que seuls les utilisateurs contrôlent²⁴². Ce modèle peut être utilisé pour établir un système national d'identification efficace, notamment « gérer les passeports, les actes de naissance et de mariage et les pièces d'identité électorales

²³⁷ Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, p. 4.

²³⁸ Dunphy, P., et Petitcolas, F. A. (2018). Identity management schemes, *op.cit.*, p. 20.

²³⁹ GSMA. (2017). *Blockchain for development*, *op.cit.*, p. 12; Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 25; Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, p. 14; Thomason, Jane, et al., (2018). Blockchain, *op.cit.*, p. 139; Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, p. 4; Galen, D. et al. (2018). *Blockchain for social impact*, *op.cit.*, p. 27.

²⁴⁰ McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain*, *op.cit.*, p. 28.

²⁴¹ Dunphy, P., et Petitcolas, F. A. (2018). Identity management schemes, *op.cit.*, p. 21;

²⁴² Galen, D. et al. (2018). *Blockchain for social impact*, *op.cit.*, pp. 27-28.

»²⁴³, ainsi que pour fournir des services gouvernementaux. D'autres informations peuvent être stockées, telles que nos données médicales ou éducationnelles²⁴⁴.

Désormais, les entreprises et les institutions n'auront plus besoin de se faire confiance mutuellement ni de compter sur l'utilisateur pour se comporter honnêtement. En utilisant la blockchain, les utilisateurs peuvent être pris en flagrant délit s'ils tentent de tromper le système ou de commettre une fraude d'identité. De plus, il n'y a aucune possibilité pour le réseau d'effacer l'identité d'un utilisateur. Aucun tiers ne contrôlera le système, ce qui empêchera que l'utilisateur soit dépendant à l'égard des services d'un seul fournisseur (*vendor lock-in*). L'inscription y est complètement ouverte : tout utilisateur peut simplement commencer à utiliser la solution sans demander l'autorisation²⁴⁵.

Contrairement au modèle centralisé au sein duquel des identifiants sont attribués arbitrairement par une entité centrale (agence gouvernementale, organisme administratif, entreprise ou organisation), un identifiant peut être généré directement par l'individu lui-même²⁴⁶. Les individus utilisent un portefeuille d'identité sur leur téléphone mobile - similaire au portefeuille numérique pour les cryptomonnaies - pour stocker des attestations d'autorités de confiance affirmant qu'ils possèdent certains attributs. Par exemple, « a plus de 18 ans » ou « est un citoyen canadien », certifié par un gouvernement; « cote de crédit supérieure à 700 », certifiée par une banque ou une agence de notation de crédit; « a le groupe sanguin B », certifié par un hôpital; « diplôme d'études supérieures », certifié par un établissement universitaire²⁴⁷.

²⁴³ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 38.

²⁴⁴ Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future*, *op.cit.*, p. 27.

²⁴⁵ Stokkink, Q., et Pouwelse, J. (2018, July). Self-sovereign identity, *op.cit.*, p. 1366

²⁴⁶ Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world, *op.cit.*, p. 3.

²⁴⁷ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, pp. 25-26; Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, p. 4.

Dans un système basé sur la blockchain, les identifiants sont gérés avec une paire de clés cryptographiques publique/privée, qui identifient de manière unique le détenteur du portefeuille²⁴⁸. La clé publique fait office du numéro d'identification, tandis que la clé privée sert de mot de passe et de signature numérique. Lorsque la personne doit montrer qu'elle possède certains attributs au prestataire d'un service (par exemple, prouver qu'elle a une cote de crédit supérieure à 700 pour obtenir un prêt), elle peut partager cet attribut sans divulguer d'informations personnelles supplémentaires²⁴⁹. Elle émet un jeton d'accès aux données, via un contrat intelligent, afin qu'une tierce partie puisse accéder à son historique de crédit. Le jeton fonctionne comme une clé permettant d'accéder aux données. L'émission du jeton d'accès est enregistrée sur le registre de la blockchain pour garder une trace de qui a reçu l'autorisation d'accès²⁵⁰.

These projects work by using a public key (an address on the blockchain) and an attestation to authenticate personal information, rather than simply storing information directly on the blockchain. An attestation is a claim another entity endorses that is placed on the blockchain and linked to the person. The app creates a one-way hash of the individual's credential, which is signed by the user's key, thereby offering proof the entity provided the data. This works through a cryptographic technique called "zero-knowledge proofs," which allows an individual to prove possession of a credential without revealing it. Any third party requesting that data can look at the blockchain and verify the data is authentic. Notably, these projects still rely on governments or other trusted intermediaries, such as banks, to authenticate attestations before use on a blockchain²⁵¹.

Le modèle SSI possède de nombreux avantages. D'abord, il préserve la confidentialité en redonnant le contrôle aux individus, qui peuvent décider à la fois avec quelles entités ils partagent leurs informations personnelles et la quantité d'informations qu'ils partagent. Ensuite, la sécurité est assurée, car l'absence d'une base de données centralisée élimine le risque d'une attaque malveillante. En outre, ce système est également plus pratique, car il permet aux individus de fournir des

²⁴⁸ Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world, *op.cit.*, p. 3.

²⁴⁹ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 26.

²⁵⁰ Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world, *op.cit.*, pp. 3-4.

²⁵¹ McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain*, *op.cit.*, p. 28.

informations vérifiées à partir de leur téléphone, plutôt que d'avoir à soumettre une multitude de documents. Finalement, la quasi-impossibilité de falsification des enregistrements sur la blockchain fournit une plus grande confiance quant à l'authenticité des données²⁵².

2.2.3 Études de cas

L'identité numérique via la blockchain peut potentiellement avoir un impact positif sur l'Agenda 2030. En premier lieu, elle permet de fournir une identité légale immuable aux individus²⁵³. Ensuite, elle contribue à l'inclusion financière. En effet, tel qu'énoncé précédemment, les cryptomonnaies contribuent à l'inclusion financière. Les portefeuilles numériques sont souvent le seul moyen dont disposent ces populations pour recevoir des fonds d'expéditeurs distants. Ces portefeuilles numériques doivent cependant être connectés à des identités numériques²⁵⁴. Ainsi, l'identité numérique contribue à la lutte contre la pauvreté²⁵⁵, en connectant financièrement les populations les plus exclues²⁵⁶. Elle améliore la vie des plus démunis, qui pourraient bénéficier de l'accès à une identification numérique sécurisée afin d'accéder à une plus large gamme de services économiques²⁵⁷.

L'identité numérique contribue de même à l'égalité entre les sexes²⁵⁸, du fait qu'elle permet de contourner les barrières économiques et sociales auxquelles sont confrontées les femmes pour accéder à une identification personnelle - ce qui

²⁵² Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, p. 4; Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 26.

²⁵³ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable*, *op.cit.*, objectif 16.9

²⁵⁴ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, p. 14.

²⁵⁵ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable*, *op.cit.*, objectif 1.

²⁵⁶ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, p. 14.

²⁵⁷ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 27; Ministry of Foreign Affairs of Denmark (2017). *Hack the Future*, *op.cit.*, p. 24; GSMA. (2017). *Blockchain for development*, *op.cit.*, p. 12; Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, p. 14.

²⁵⁸ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable*, *op.cit.*, objectif 5.

améliore leur inclusion et leur autonomie. En conséquence, elles pourront davantage faire valoir leurs droits sur les actifs (par exemple la propriété privée et les finances) et accéder aux services publics et privés, y compris les prestations sociales, les soins de santé et les services financiers²⁵⁹.

En outre, l'identité numérique contribue à l'éradication de la faim²⁶⁰ à travers ses initiatives dans le secteur agricole. Par exemple, la plateforme BanQu est utilisée pour soutenir les petits exploitants agricoles en les connectant à l'économie mondiale. Ces derniers peuvent créer un profil numérique unique sur la plateforme, puis se connecter et interagir avec leur réseau bancaire, y compris leurs proches, les entreprises agroalimentaires, les fournisseurs de services, les gouvernements, les banques et les ONG, et effectuer diverses transactions personnelles et financières. Toute personne disposant d'un téléphone mobile peut s'inscrire gratuitement au réseau BanQu et créer une identité économique qui est traçable et contrôlée par l'agriculteur²⁶¹. L'utilisateur peut voir chaque transaction enregistrée sur la blockchain et conserver la propriété de ses informations personnelles, tout en décidant quelles informations sont partagées et avec qui. Lorsqu'un agriculteur souhaite accéder à des services financiers, la plateforme donne aux banques la possibilité de vérifier leur identité²⁶².

L'identité numérique permet également d'améliorer le bien-être des réfugiés qui, en raison de leur apatridie, dépendent fortement des services fournis par les ONG²⁶³. Le stockage des documents d'identité et autres accréditations sur un portefeuille numérique permet aux déplacés forcés de prouver leur identité à travers les

²⁵⁹ Clark, J., et al. (2016). *Digital identity*, *op.cit.*, p. 12.

²⁶⁰ Nations Unies (2015). *Programme de développement durable*, *op.cit.*, objectif 2.

²⁶¹ GSMA (2017). *Blockchain for development*, *op.cit.*, p. 17.

²⁶² *Ibid.* p. 18.

²⁶³ Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, p. 4; Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 27.

frontières²⁶⁴ et d'obtenir plus facilement les services appropriés²⁶⁵ (par exemple, on pourrait savoir si une famille de réfugiés est éligible à une aide ou à d'autres types de prestations)²⁶⁶. En utilisant leurs portefeuilles numériques, ils peuvent stocker un historique de leurs transactions économiques, ce qui leur permettrait de développer un historique de crédit, et d'ainsi accéder au financement²⁶⁷. Récemment, Accenture et Microsoft ont annoncé un prototype de réseau d'identification numérique basé sur la blockchain, fonctionnant conjointement avec le système de gestion des identités du Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés (HCR)²⁶⁸.

Finalement, l'identité numérique améliore l'efficacité des modèles actuels de fourniture d'aide internationale aux pays en développement. L'identité numérique, combinée avec l'aide au développement ou humanitaire, rend cette dernière plus efficace et ciblée, puisqu'elle permet aux gouvernements et agences de l'aide de faire un suivi des flux migratoires massifs, afin d'optimiser leurs opérations. Les identités numériques étant connectées à des portefeuilles numériques, les individus peuvent plus facilement accéder aux fonds d'aide²⁶⁹.

À titre d'exemple, depuis début 2017, le Programme alimentaire mondial (PAM) mène un projet pilote qui mobilise la blockchain pour mieux coordonner la distribution alimentaire²⁷⁰. Dix mille réfugiés vivant dans un camp en Jordanie ont reçu des transferts en espèces leur permettant d'acheter de la nourriture²⁷¹. Un profil a été créé pour chaque réfugié, stocké sur une base de données du HCR, contenant ses coupons alimentaires et son identification numérique liée à ses données

²⁶⁴ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, pp. 14-15.

²⁶⁵ Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, p. 4.

²⁶⁶ Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world, *op.cit.*, p. 5.

²⁶⁷ Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, p. 4; Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 27.

²⁶⁸ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 27.

²⁶⁹ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised*, *op.cit.*, pp. 14-15.

²⁷⁰ Casey, M.J. et Vigna, P. (2018). *The Truth Machine*, *op.cit.*, p. 2.

²⁷¹ Zwitter, A., et Herman, J. (2018). Blockchain for Sustainable Development Goals, *op.cit.*, p. 28.

biométriques²⁷². Ce système permettait aux bénéficiaires d'acheter de la nourriture dans les supermarchés locaux du camp en scannant leur iris. Leurs données biométriques sont enregistrées sur une blockchain privée, ce qui leur permet d'établir leur identité sans divulguer davantage d'informations personnelles²⁷³. Avec la blockchain, le PAM a éliminé une partie importante des frais de transaction et a simplifié le processus de paiement, tout en créant un registre immuable et en temps réel de chaque transaction et des bénéficiaires atteints²⁷⁴. Les fonds étant liés à des identités numériques uniques, et chaque transaction sont traçables et vérifiables, ceci a permis de distribuer plus efficacement l'aide humanitaire aux réfugiés²⁷⁵.

²⁷² GSMA. (2017). *Blockchain for development, op.cit.*, p. 24.

²⁷³ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised, op.cit.*, p. 16.

²⁷⁴ GSMA. (2017). *Blockchain for development, op.cit.*, p. 25.

²⁷⁵ Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised, op.cit.*, p. 16.

CHAPITRE 3

LES OBSTACLES ET LES LIMITES

Ce chapitre entend exposer les obstacles et les limites auxquels se heurtent les cryptomonnaies et les identités auto-souveraines dans le contexte de l'inclusion financière.

3.1 Les obstacles et les limites des cryptomonnaies

Dans cette sous-partie, nous exposons les obstacles et les limites des cryptomonnaies. D'abord, nous illustrons qu'elles font face à la résistance de la part des gouvernements et des institutions financières, en raison du problème de volatilité des cryptomonnaies, de l'incertitude du cadre juridique, des conflits d'intérêts, de leur utilisation pour des activités illicites et des préoccupations concernant la confidentialité des données. Ensuite, nous verrons que le Bitcoin se heurte aux limites de sa mise en échelle, au risque de collusion des mineurs et à l'enjeu de sa haute consommation énergétique.

3.1.1 La résistance des gouvernements et des institutions financières

L'obstacle le plus déterminant à l'adoption généralisée des cryptomonnaies est celui de la résistance des gouvernements nationaux et des institutions financières. En effet, il est peu probable pour le moment qu'elles renoncent à leur contrôle sur la politique monétaire intérieure en permettant que les cryptomonnaies usurpent le rôle de

principal moyen d'échange²⁷⁶. De plus, les cryptomonnaies sont extrêmement volatiles puisqu'elles ne sont pas régulées par des institutions. Par conséquent, leur extrême volatilité les empêche de jouer un plus grand rôle dans le système économique, car elles ne parviennent pas à remplir certaines fonctions de base que remplissent les monnaies nationales, notamment servir de moyen d'échange fiable, d'unité de compte, et de réserve de valeur²⁷⁷.

The value of most decentralized currencies is highly volatile due to their relatively small market size (i.e., because the price is determined by supply and demand, it takes a smaller amount of money to affect the price of a virtual currency than a fiat currency), which generates uncertainty among the businesses and users that adopt them²⁷⁸.

Même le Bitcoin, pourtant le plus connu et le plus stable, a une volatilité quotidienne moyenne d'environ 5%. La volatilité peut être minimisée en limitant la durée pendant laquelle la valeur d'un utilisateur est stockée sous forme de jetons, c'est-à-dire en les échangeant contre une monnaie fiduciaire une fois la transaction achevée. C'est ce sur quoi reposent de nombreux services d'envois de fonds internationaux en cryptomonnaie. Alternativement, les *stablecoins* comme la cryptomonnaie Tether offrent une autre solution : leur valeur est indexée sur une monnaie fiduciaire via une société qui garantit le change à ce taux²⁷⁹.

Un autre facteur déterminant de la résistance des gouvernements envers les cryptomonnaies est celui de l'incertitude de l'environnement juridique et réglementaire, qui empêche les cryptomonnaies d'être largement adoptées dans

²⁷⁶ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 10.

²⁷⁷ Maupin, J., et al. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen?* *op.cit.*, p. 78; Qureshi, S., et Xiong, J. (2018). The Bitcoin Effect, *op.cit.*, p. 7; Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 75; Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future*, *op.cit.*, p. 21; Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 10.

²⁷⁸ McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain*, *op.cit.*, p. 14.

²⁷⁹ Maupin, J., et al. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen?* *op.cit.*, pp. 78-79.

l'industrie des paiements²⁸⁰. À mesure que les crypto-monnaies se développent et se diffusent à l'échelle mondiale, il devient impératif pour les pays de définir le cadre juridique approprié. Pour le moment, le statut légal des monnaies virtuelles varie considérablement d'un pays à l'autre. La grande majorité des pays considèrent les crypto-actifs comme étant légaux (pas d'interdiction d'achat et de vente, ni d'utilisation pour l'achat de biens et de services)²⁸¹. D'autres ont imposé des interdictions complètes ou partielles aux cryptomonnaies (interdiction généralisée²⁸², interdiction des plateformes d'échanges commerciaux²⁸³, interdiction d'utiliser les cryptomonnaies comme moyen de paiement²⁸⁴, interdiction des Initial Coin Offerings (ICO)²⁸⁵ ou des restrictions relatives au secteur financier²⁸⁶). D'autres pays qui interdisaient ou limitaient l'utilisation des cryptomonnaies ont depuis assoupli leurs réglementations et s'orientent vers l'autorisation de leur utilisation²⁸⁷. La Chine quant à elle est devenue la première nation à tester une cryptomonnaie nationale, émise par la banque centrale²⁸⁸.

La plupart des États tentent de les réguler en prenant des mesures pour que ses utilisateurs soient soumis aux mêmes normes réglementaires et de protection des

²⁸⁰ Hughes, A., et al. (2019). Beyond Bitcoin, *op.cit.*, p. 279; Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future, op.cit.*, p. 13; Nguyen, Q. K. (2016). Blockchain-a financial technology for future sustainable development. Dans *2016 3rd International conference on green technology and sustainable development (GTSD)*. IEEE, p. 52; Faure-Muntian, V. et al. (2018). *Comprendre les blockchains, op.cit.*, p. 92; Plisson, C.F. (2017). La blockchain, un bouleversement économique, *op.cit.*, p. 22.

²⁸¹ OCDE (2020). *Fiscalité des monnaies virtuelles : Panorama des traitements fiscaux et des sujets émergents de politique fiscale*. OCDE, Paris, pp. 18-19.

²⁸² Le Bangladesh, la Bolivie, l'Irak, le Maroc, le Népal, la Macédoine du Nord, le Lesotho, la Russie, l'Arabie Saoudite et l'Algérie.

²⁸³ La Chine.

²⁸⁴ L'Équateur et l'Indonésie.

²⁸⁵ La Chine et la Corée.

²⁸⁶ Le Cambodge, la Chine, la Colombie, la République dominicaine, l'Iran, la Jordanie, le Koweït, la Lituanie, Macao, le Qatar et la Thaïlande.

²⁸⁷ Le Bahreïn, l'Égypte, l'Inde, le Pakistan et le Vietnam.

²⁸⁸ Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al (2017). *Hack the Future, op.cit.*, p. 13; Cryptobasics (2020, 30 septembre). Does China Have a Cryptocurrency?

Récupéré de <<https://coinmarketcap.com/alexandria/article/does-china-have-a-cryptocurrency>>.

consommateurs que ceux des monnaies fiduciaires²⁸⁹. En vue de l'absence d'un cadre juridique clair, il faudra probablement se soumettre aux règles et politiques des marchés financiers conventionnels. Par exemple, si un cas d'utilisation implique des transferts d'argent à l'aide de cryptomonnaies, il faut se soumettre aux régimes réglementaires qui s'appliquent aux services de transfert d'argent fiduciaire, incluant les règles de KYC (*know your customer*) et AML (*anti-money laundering*)²⁹⁰.

Il faudra également être attentif aux conflits d'intérêts qui peuvent surgir. En effet, compte tenu de l'offre limitée de jetons, leur valeur augmente au fil du temps. Imaginons par exemple une partie prenante du secteur public qui est impliquée dans une décision qui pourrait augmenter la valeur d'une cryptomonnaie spécifique. Pour éviter les conflits d'intérêts, le décideur doit éviter de détenir de tels jetons pour son propre compte ou de transmettre des informations privilégiées à d'autres investisseurs. Les risques peuvent également être atténués en utilisant un *stablecoin* lié à une monnaie fiduciaire²⁹¹.

De même, puisque la blockchain n'offre pas un anonymat total, des préoccupations concernant la confidentialité des données sont soulevées²⁹² : « blockchain cannot guarantee the transactional privacy since the values of all transactions and balances for each public key are publicly visible »²⁹³. Il y aurait même une possibilité que les transactions puissent être liées aux identités des utilisateurs²⁹⁴. Face à leur obligation de protéger la vie privée de leurs clients et face au droit à l'oubli, de nombreuses institutions financières hésitent à enregistrer les transactions sur un registre public et

²⁸⁹ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 10.

²⁹⁰ Maupin, J., et al. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen?* *op.cit.*, pp. 79-80.

²⁹¹ *Ibid.* p. 79.

²⁹² Zwitter, A., et Herman, J. (2018). Blockchain for Sustainable Development Goals, *op.cit.*, p. 12; Maupin, J., et al. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen?* *op.cit.*, p. 73; Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 136; Plisson, C.F. (2017). La blockchain, un bouleversement économique, juridique voire sociétal, *op.cit.*, p. 22.

²⁹³ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 367.

²⁹⁴ *Ibid.*

immuable. L'utilisation des blockchains à accès restreint peut apaiser ces inquiétudes en limitant le nombre d'acteurs pouvant accéder au registre, mais seulement dans une certaine mesure²⁹⁵.

Even though a great promise of blockchain is pseudonymity, the appearance of total security of personal data is misleading. It is accurate that an individual can preserve his or her privacy as long as the pseudonym is not linked to the person behind it, but as soon as the connection is made and a correlation established, the private data can be revealed. Not only might the pseudonymous nature of most blockchains jeopardise an individual's privacy (by linking transaction and public key information, the flow of transactions between users and wallets could eventually reveal the identity of a user), it also prevents businesses from securely sharing proprietary data²⁹⁶.

Finalement, comme le souligne l'Assemblée générale des Nations Unies²⁹⁷, face à l'absence d'un cadre juridique, il est légitime d'être préoccupé par le fait que les cryptomonnaies sont de plus en plus utilisées pour des activités illicites, notamment en matière de corruption, d'évasion fiscale et de blanchiment d'argent. En effet, plusieurs critiques sont énoncées quant au degré de 'pseudonymat' que les cryptomonnaies offrent à leurs utilisateurs en liant les transactions à des portefeuilles numériques au lieu d'identités individuelles, ce qui ouvre la voie à l'utilisation des cryptomonnaies pour des activités délictueuses telles que le trafic de drogue et d'armes, le chantage, le blanchiment d'argent, le financement criminel, etc.²⁹⁸.

²⁹⁵ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 13.

²⁹⁶ Maupin, J., et al. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen?*, *op.cit.*, p. 73.

²⁹⁷ Assemblée générale des Nations Unies. *Questions de politique macroéconomique : promotion de la coopération internationale en matière de lutte contre les flux financiers illicites pour favoriser le développement durable : rapport de la Deuxième Commission, A/72/418/Add.6* (8 décembre 2017), article 4.

²⁹⁸ Zwitter, A., et Herman, J. (2018). Blockchain for Sustainable Development Goals, *op.cit.*, p. 30; Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 10; Hughes, A., et al. (2019). Beyond Bitcoin, *op.cit.*, p. 279; McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain*, *op.cit.*, p. 14; Zambrano, R., et al. (2017). Libérer le potentiel révolutionnaire, *op.cit.*, p. 20; Nguyen, Q. K. (2016). Blockchain, *op.cit.*, p. 52; Kewell, B., et al. (2017). Blockchain for good?, *op.cit.*, p. 431.

L'essor rapide des crypto-actifs entraîne un certain nombre d'opportunités, mais soulève également certains défis en matière de politique fiscale²⁹⁹. Alors que l'investissement dans les crypto-actifs représente une base d'imposition potentiellement importante, ces derniers posent des défis aux décideurs publics, du fait de « leur absence de contrôle centralisé, leur pseudo-anonymat, les difficultés d'en estimer la valeur, leurs caractéristiques hybrides mêlant des aspects d'instruments financiers à ceux d'actifs incorporels, l'évolution rapide de la technologie qui les sous-tend, ainsi que la forme de ces actifs »³⁰⁰.

Selon l'OCDE, les cryptomonnaies sont attirantes pour les criminels, « du fait de leur rapidité de circulation, de leur disponibilité à l'échelle planétaire et du potentiel de dissimulation de leurs propriétaires réels qu'elles présentent, qui viennent s'ajouter au caractère limité de la réglementation et à l'affaiblissement des intermédiaires financiers établis »³⁰¹. Certains criminels utilisent les cryptomonnaies pour acheter ou vendre des biens ou des services illicites sur le *dark web*. Il est également possible pour eux de *cash out* leurs cryptomonnaies (les convertir en espèces), au travers de différentes méthodes (plateforme d'échange, courtiers en cryptomonnaies, cartes prépayées, etc.)³⁰².

Les intermédiaires fiscaux³⁰³ quant à eux facilitent le blanchiment des produits d'activités illégales par le biais d'un service de mixage de crypto-actifs (SMC). C'est un service payant qui permet aux acteurs illégaux de blanchir leurs crypto-actifs

²⁹⁹ OCDE (2020). *Fiscalité des monnaies virtuelles*, *op.cit.*, p. 3.

³⁰⁰ *Ibid.* p. 7.

³⁰¹ OCDE (2019). *Manuel de sensibilisation au blanchiment de capitaux et au financement du terrorisme à l'intention des contrôleurs des impôts*, OCDE, Paris, p. 21.

³⁰² *Ibid.* pp. 60-61.

³⁰³ Il s'agit ici des entreprises « qui exploitent intentionnellement ce service au moyen de leurs algorithmes exclusifs pour faciliter le blanchiment de capitaux, ou d'autres intervenants qui gèrent le processus d'anonymisation d'actifs résultant d'activités illégales par ce biais ». OCDE (2021). *En finir avec les montages financiers abusifs : Réprimer les intermédiaires qui favorisent les délits fiscaux et la criminalité en col blanc*, OCDE, Paris, p. 22.

corrompus dérivés de leurs activités délictueuses, en les mêlant aux crypto-actifs légitimes d'autres utilisateurs. Il convient de noter qu'un utilisateur de crypto-actifs peut créer un nombre illimité de portefeuilles. Les acteurs illégaux peuvent donc créer et utiliser des milliers de portefeuilles³⁰⁴.

À titre d'exemple, un service en ligne que l'on soupçonnait d'avoir blanchi près de 200 millions de dollars en cryptomonnaie a été saisi par la police européenne en 2020. Bestmixer.io, une plateforme basée sur une blockchain, offrait des services de mixage de crypto-actifs, soit des services qui permettaient d'anonymiser des transactions. L'enquête a démontré que bon nombre des cryptoactifs mixés sur la plateforme avaient une origine ou une destination illégales (pour occulter et blanchir le produit d'activités délictueuses)³⁰⁵. Un autre exemple est celui du réseau BitClub, soit « un montage frauduleux qui sollicitait des fonds auprès d'investisseurs en échange d'actions de prétenus pools de minage de cryptomonnaie et les récompensait s'ils attiraient de nouveaux clients »³⁰⁶. Ils ont fraudé ces investisseurs à hauteur de 722 millions de dollars.

Certains cas, même si peu nombreux, ont été détectés de l'utilisation des cryptomonnaies par des organisations terroristes, comme moyen de se procurer des moyens financiers par le biais de dons. Ces cryptomonnaies servent « à acheter, stocker, acheminer et éventuellement utiliser des biens et des services à l'appui d'objectifs et d'opérations terroristes » sur le *dark web*³⁰⁷.

Depuis 2018, le G20 n'a eu cesse de souligner l'importance d'améliorer la réglementation des crypto-actifs pour lutter contre le blanchiment de capitaux et

³⁰⁴ OCDE (2021). *En finir avec les montages financiers abusifs*, op.cit., p. 21.

³⁰⁵ *Ibid.* p. 22

³⁰⁶ *Ibid.* p. 48.

³⁰⁷ OCDE (2019). *Manuel de sensibilisation au blanchiment de capitaux*, op.cit., p. 93.

d'empêcher le financement du terrorisme³⁰⁸. Par ailleurs, le rapport élaboré et approuvé par les 137 membres du Cadre inclusif OCDE/G20 fournit une vue d'ensemble du traitement fiscal des cryptomonnaies dans différentes juridictions et des principales lacunes en matière de politique fiscale. Il met également en évidence un nombre de considérations pour les décideurs politiques qui souhaitent renforcer leurs cadres juridiques et réglementaires pour taxer les cryptomonnaies³⁰⁹. L'objectif est de promouvoir la transparence dans toutes les transactions impliquant des crypto-actifs, en s'assurant que les revenus générés par les échanges soient taxés, et de concevoir un cadre d'échange international de manière à ce que toutes les juridictions accueillant des intermédiaires puissent y participer pleinement³¹⁰.

3.1.2 Les limites spécifiques à Bitcoin

En ce qui a trait à la cryptomonnaie Bitcoin, face à l'augmentation croissante du nombre de transactions, elle se heurte au défi de mise en échelle (*scalability*)³¹¹. Cela est lié au fait que le temps moyen de création d'un bloc est de dix minutes et que la taille de chaque bloc est limitée à un mégaoctet, ce qui se traduit par une faible capacité de traitement de transactions par seconde³¹². En 2018, le Bitcoin ne pouvait traiter qu'environ 20 transactions par secondes, ce qui ne peut satisfaire à l'exigence de traiter des millions de transactions en temps réel³¹³. Il y a donc un compromis entre la décentralisation et la performance du système³¹⁴. Or, aujourd'hui ce problème

³⁰⁸ OCDE (2020). *Fiscalité des monnaies virtuelles*, *op.cit.*, p. 7.

³⁰⁹ *Ibid.* p. 3.

³¹⁰ OECD (2020). *OECD Secretary-General Tax Report to G20 Finance Ministers and Central Bank Governors – October 2020*, OECD, Paris, pp. 14-15.

³¹¹ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 367; Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, pp. 10-11; Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., et Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2(6-10), p. 17; Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 61.

³¹² Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 32.

³¹³ Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 61.

³¹⁴ Wüst, K., et Gervais, A. (2018, June). Do you need a blockchain?, *op.cit.*, pp. 46-47.

est graduellement en train d'être résolu : la capacité du réseau Bitcoin a nettement augmenté³¹⁵. Les autres cryptomonnaies ne font pas face à ce problème.

Il a également été prouvé que la preuve de travail du Bitcoin peut être vulnérable aux attaques de mineurs malveillants³¹⁶. Les mineurs peuvent réaliser des revenus plus importants que leur juste part au travers d'une *selfish mining strategy*³¹⁷, lorsque plus de 51% des mineurs sont en collusion et altèrent les transactions, créant ainsi une fausse chaîne de bloc qui sera admise par la majorité des mineurs. D'autres recherches récentes montrent que même si la majorité des mineurs ne sont pas en collusion, cela peut affecter l'intégrité du registre (il suffit d'une collusion de 25% des mineurs)³¹⁸. Ceci induit un risque qu'une majorité organisée oriente la validation des blocs, ce qui menace l'intégrité du système³¹⁹.

De surcroît, la preuve de travail du Bitcoin est sujette à des préoccupations environnementales concernant l'intensité énergétique du processus de minage³²⁰. Certaines estimations indiquent qu'au printemps de 2017, sa consommation d'électricité était comparable à celle de 280 000 foyers américains par année³²¹. D'autres sources indiquent que l'extraction de Bitcoin pourrait consommer 14000 mégawatts d'électricité d'ici 2020, ce qui est comparable à la consommation énergétique totale du Danemark³²².

C'est en réponse aux limites du Bitcoin que plusieurs autres cryptomonnaies ont vu le jour. À compter de 2018, le site coinmarketcap.com recensait plus de 1 600

³¹⁵ Addison, C., et Lohento, K. (2018). Blockchain: finding real benefits beyond the hype. *ICT Update* (88), p. 5.

³¹⁶ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 368.

³¹⁷ *Ibid.* p. 354.

³¹⁸ *Ibid.* pp. 368-369.

³¹⁹ Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 39.

³²⁰ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 354.

³²¹ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 32.

³²² Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 11.

cryptomonnaies distinctes, et ce chiffre continue de grimper chaque semaine³²³. Ces cryptomonnaies ont pu régler les défauts inhérents à Bitcoin, soit d'accélérer le traitement des transactions, diminuer la consommation énergétique du réseau et limiter le risque de fraude, en développant des protocoles de consensus alternatifs (par exemple, la preuve d'enjeu et ses dérivés)³²⁴. D'autres ont également opté pour des réseaux privés et restreints, afin de garantir plus de confidentialité à leurs clients³²⁵.

3.2 Les obstacles et limites des identités auto-souveraines

Dans cette sous-partie, nous exposons les obstacles et les limites des identités auto-souveraines. D'abord, face à l'absence d'un cadre juridique, aux inquiétudes liées à la confidentialité des données, l'utilisation abusive des données et le droit à l'oubli, aux limites de la mise en échelle, nous observons une résistance des gouvernements et des organisations. Ensuite, la blockchain ne peut combler le fossé identité si l'État n'a pas les capacités pour mettre en place ces systèmes, mais également les capacités pour veiller à ce que les populations traditionnellement marginalisées puissent y avoir accès.

3.2.1 La résistance des gouvernements et des organisations

³²³ Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains, op.cit.*, p. 61.

³²⁴ La preuve d'enjeu (*proof of stake*) consiste à attribuer la validation de chaque bloc de manière aléatoire à un nœud. Les valideurs doivent offrir un montant prédéfini d'actifs numériques en garantie, qui seront détruits en cas de fraude. Ce mécanisme permet de punir les nœuds qui ne suivent pas le protocole de consensus. *Ibid.* pp. 40-42. Aucune équation mathématique n'est nécessaire pour vérifier une transaction, ce qui rend le processus de vérification beaucoup plus économe en énergie. D'autres mécanismes de consensus existent, notamment la « preuve d'enjeu déléguée », qui consiste à voter pour désigner le valideur de bloc, et la « preuve d'autorité » par laquelle les valideurs mettent en gage leur réputation : s'ils se révèlent non fiables, ils ne sont plus autorisés à valider des blocs. OCDE (2020). *Fiscalité des monnaies virtuelles, op.cit.*, p. 12

³²⁵ Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains, op.cit.*, p. 50.

Fournir une identité légale à tous les citoyens dépend en partie de la volonté politique. L'un des obstacles principaux à l'adoption du modèle SSI est donc celui de la résistance des gouvernements. En effet, il est difficile d'imaginer que les gouvernements acceptent de renoncer au contrôle des systèmes d'identification³²⁶. Pourtant, les principales autorités doivent adhérer et participer au système pour qu'il soit efficace - en particulier lorsque l'objectif est d'améliorer la vie des plus vulnérables, qui dépendent des services fournis par les gouvernements nationaux et les organisations internationales. Par exemple, un système SSI qui a pour objectif d'aider les réfugiés ne peut être efficace sans la participation du Haut-Commissariat des Nations Unies pour les réfugiés (HCR)³²⁷.

Or, l'idée selon laquelle les identités auto-souveraines se débarrassent entièrement des tiers de confiance est erronée dans le contexte des identités. En effet, l'approche SSI continue de s'appuyer sur les gouvernements ou d'autres tiers de confiance, qui doivent authentifier les attestations enregistrées sur les portefeuilles d'identité. La blockchain ne permet pas non plus d'améliorer la fiabilité des données, elle ne fait que rendre les enregistrements immuables et transparents³²⁸. Pour que ces systèmes fonctionnent optimalement, tous les documents publics actuels (certificats de naissance, licences de mariage, titres de propriété, etc.) doivent être correctement authentifiés et numérisés³²⁹. L'erreur ou la manipulation humaine est donc toujours présente. L'utilisateur doit toujours compter sur l'honnêteté des personnes qui ont conçu l'application, des propriétaires de la plateforme et des valideurs des données³³⁰.

Face à l'absence d'un cadre juridique défini, la confidentialité des données demeure une préoccupation centrale lorsqu'il s'agit de registres d'identité. Il existe des

³²⁶ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, pp. 23-24.

³²⁷ *Ibid.* p. 27.

³²⁸ Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, pp. 1-2 et 4.

³²⁹ McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain*, *op.cit.*, p. 20.

³³⁰ GSMA (2017). *Blockchain for development*, *op.cit.*, p. 28.

solutions potentielles à ce problème, telles que les *zero knowledge proofs*, mais nous ne savons pas comment ils pourraient être mis en œuvre³³¹. À mesure que les identifiants numériques se répandent, les pays qui choisissent d'adopter de tels systèmes doivent disposer de cadres juridiques et techniques solides pour la protection des données³³². Il est notamment important de s'assurer qu'un seul acteur ne détient pas et ne contrôle pas le registre, car cela peut soulever des problèmes de confidentialité importants, particulièrement pour les migrants et les réfugiés³³³. Il existe également des inquiétudes concernant la propriété des données, l'utilisation abusive des données et le droit à l'oubli. Comment concilier la contradiction entre une identité numérique immuable et les lois du droit à l'oubli³³⁴?

Au surplus, les gouvernements sont hésitants face à l'adoption de ces systèmes puisque la plupart des projets sont à un stade très naissant et souffrent de problèmes de mise en échelle³³⁵. Il est primordial de s'assurer que les systèmes d'identification numériques soient en mesure de maintenir leur efficacité tout au long, même s'il y a un accroissement du nombre d'utilisateurs finaux³³⁶. Ils doivent pouvoir évoluer suffisamment pour répondre à la demande anticipée sans devenir trop lents, coûteux ou vulnérables aux cyberattaques³³⁷. Certains critiques « soutiennent que les technologies d'identité numérique actuelles fonctionnent bien et sont bien plus extensibles que celles qui ont recours »³³⁸ à la blockchain. Les limites liées à la mise en échelle de la technologie blockchain pourraient empêcher leur déploiement dans des pays peuplés³³⁹.

³³¹ Zwitter, A., et Herman, J. (2018). Blockchain for Sustainable Development Goals, *op.cit.*, p. 12.

³³² Clark, J., et al. (2016). *Digital identity*, *op.cit.*, p. 14.

³³³ Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world, *op.cit.*, p. 5.

³³⁴ Zwitter, A., et Herman, J. (2018). Blockchain for Sustainable Development Goals, *op.cit.*, p. 12;

Galen, D. et al. (2018). *Blockchain for Social Impact*, *op.cit.*, p. 28.

³³⁵ McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain*, *op.cit.*, p. 27.

³³⁶ *Ibid.* p. 25.

³³⁷ Maupin, J., et al. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen?* *op.cit.*, p. 72.

³³⁸ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 38.

³³⁹ *Ibid.*

3.2.2 La capacité de l'État

Outre la volonté politique, fournir une pièce d'identité légale dépend également de la capacité de l'État³⁴⁰. La création d'un système d'identité numérique est un projet coûteux qui nécessite d'investissements dans la construction ou la mise à jour des infrastructures et de la technologie³⁴¹. Si l'État n'a pas les capacités pour mettre en place une infrastructure d'identification numérique robuste, les individus mal desservis par l'État le resteront. La blockchain ne fait rien à elle seule pour résoudre le défi fondamental consistant à fournir une identité³⁴². La blockchain ne permet que d'enregistrer de manière immuable une identité certifiée, pour éviter que l'État ne puisse l'enlever arbitrairement.

En outre, il est important que les gouvernements veillent à ce que les systèmes de gestion de l'identification visent une couverture universelle et continue, c'est-à-dire être accessibles à tous, de la naissance à la mort. Les principes de la non-discrimination, d'inclusivité, d'abordabilité et d'accessibilité doivent être respectés³⁴³. En particulier, il faut assurer un meilleur accès aux services pour ceux qui en ont le plus besoin (les populations appauvries, les ruraux, les femmes, les personnes déplacées de force, les personnes en situation de handicap et les minorités sexuelles et de genre)³⁴⁴. Il est donc primordial que les risques d'exclusion soient traités et pris en compte dans la conception de ces projets, et ce en fonction du contexte du pays. Ceci signifie qu'il faut impliquer directement la société civile et les groupes vulnérables dans des consultations sur l'implémentation de ces systèmes³⁴⁵.

3.3 D'autres obstacles plus généraux

³⁴⁰ Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 23.

³⁴¹ Clark, J., et al. (2016). *Digital identity*, *op.cit.*, p. 15.

³⁴² Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development, *op.cit.*, p. 4.

³⁴³ Clark, J., et al. (2016). *Digital identity*, *op.cit.*, p. 33.

³⁴⁴ World Bank (2019). *Identification for Development (ID4D)*, *op.cit.*, p. 37.

³⁴⁵ World Bank (2019). *Identification for Development (ID4D)*, *op.cit.*, pp. 17-18.

Cette sous-partie entend exposer les obstacles plus généraux à prendre en compte lors de la conception de projets blockchain en faveur de l'inclusion financière et des ODD. D'abord, nous verrons les barrières à l'utilisation, notamment l'accès limité aux technologies numériques, le niveau de complexité de la technologie et l'absence de capacités institutionnelles, qui empêche les individus de profiter pleinement de cette technologie. Ensuite, nous verrons que comme toute innovation technologique, la blockchain est insérée dans des rapports de pouvoir, pouvant mener à des risques d'exclusion pour les groupes traditionnellement marginalisés.

3.3.1 Les barrières à l'utilisation

Le plus grand défi concerne les barrières à l'utilisation auxquelles les individus sont confrontés pour accéder et utiliser les technologies blockchains. Ces barrières comprennent l'accès limité aux technologies numériques et une faible compréhension de la blockchain³⁴⁶. Pour que cette technologie soit bénéfique à l'inclusion financière, il convient aux gouvernements de fournir les précurseurs nécessaires à son utilisation, tels qu'un accès fiable à l'énergie, à Internet haut débit et aux téléphones intelligents³⁴⁷.

En effet, l'écosystème des blockchains nécessite d'une infrastructure en matière de télécommunications et de réseaux de distribution électriques³⁴⁸. La blockchain est une technologie extrêmement énergivore, qui nécessitera toujours de serveurs et d'ordinateurs pour le traitement des données. Par conséquent, dans les pays où Internet est souvent coupé et où les coupures d'électricité sont courantes, la blockchain atteint rapidement ses limites de mise en échelle³⁴⁹. Bien que la fracture

³⁴⁶ Ministry of Foreign Affairs of Denmark et al. (2017). *Hack the Future*, *op.cit.*, pp. 15 et 21.

³⁴⁷ Pisa, M. and Juden M., 2017. Blockchain and economic development, *op.cit.*, p. 35.

³⁴⁸ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 25.

³⁴⁹ Zwitter, A., et Herman, J. (2018). Blockchain for Sustainable Development Goals, *op.cit.*, p. 12.

numérique soit en diminution dans les années récentes³⁵⁰, si les tendances actuelles se poursuivent, plus de 40% de la population des pays à revenu faible ou intermédiaire seront toujours déconnectés en 2025, renforçant les inégalités existantes, surtout chez les personnes vulnérables³⁵¹. « Il semble donc peu probable que les personnes qui vivent dans ces conditions puissent devenir des nœuds d'un réseau blockchain ou qu'elles puissent utiliser efficacement des logiciels de portefeuilles pour profiter de la technologie en tant qu'utilisateurs finaux »³⁵².

Les individus font également face au défi de la complexité de la technologie blockchain, notamment l'utilisation d'outils cryptographiques et de son jargon technologique, qui empêche son utilisation généralisée³⁵³. Raison pour laquelle les gouvernements ont besoin de développer les compétences techniques avant que cette technologie puisse être utilisée couramment³⁵⁴. Le second défi concerne la gestion des clés privées et publiques : la perte ou le vol de ces clés demeure un risque sérieux et aucune solution n'existe actuellement pour protéger les utilisateurs³⁵⁵. « Ces deux problèmes peuvent se révéler trop difficiles pour les populations relativement peu éduquées ou alphabétisées, et qui font face à l'exclusion sociale »³⁵⁶.

Pour exploiter les nouvelles technologies, les pays en développement ont également besoin de capacités institutionnelles, telles que le savoir technologique, des capacités administratives et des règles du jeu claires. Or, « de nombreux pays en

³⁵⁰ Notons que l'accessibilité aux téléphones intelligents est en montée à l'échelle planétaire. Près de 5,5 milliards de smartphones sont utilisés dans le monde en 2019 - soit une croissance annuelle de 9% par rapport à l'année précédente. Kemp, S. (2019). *Digital 2019: Global digital overview*. Notons également que pour la première fois en 2018, plus de la moitié de la population mondiale (51%) utilisait Internet. De 2014 à 2018, l'écart de couverture est passé de 24% à 10% de la population mondiale. Bahia, K., et Suardi, S. (2019). *Connected Society: The State of Mobile Internet Connectivity*. GSMA: London, UK, p. 7.

³⁵¹ Bahia, K., et Suardi, S. (2019). *Connected Society, op.cit.*, p. 5.

³⁵² Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire, op.cit.*, p. 51.

³⁵³ *Ibid.* p. 33.

³⁵⁴ *Ibid.* p. 52.

³⁵⁵ *Ibid.* p. 32.

³⁵⁶ *Ibid.* p. 52.

développement sont toujours en train de développer ces capacités, ce qui limite sérieusement leur capacité à profiter eux aussi de l'apparition d'innovations technologiques comme la blockchain »³⁵⁷. Il faudrait que les institutions publiques participent à la conception de ces initiatives, mais que la mise en œuvre soit réalisée par des partenaires privés (à but lucratif et non lucratif). Sans cela, il y aura de sérieux obstacles quant à la mise à l'échelle et la viabilité à long terme de ces projets³⁵⁸.

3.3.2. Les rapports de pouvoir

Dans sa conception originale, la blockchain fut conçue comme un système décentralisé, au sein duquel tout individu (ou nœud) était considéré comme étant égal par rapport aux autres, et pouvait participer au processus de validation des données. Or, nous constatons que « les programmeurs, les développeurs et les techno-entrepreneurs semblent tous jouir d'une position privilégiée dans les réseaux blockchains et peuvent exercer un pouvoir considérable sur les autres nœuds »³⁵⁹. Ainsi, il paraît de plus en plus évident que les blockchains « ne peuvent pas garantir que des hiérarchies et des inégalités sociales entre utilisateurs n'apparaîtront pas »³⁶⁰.

Au contraire, nous observons une tendance à ce que les mineurs soient centralisés dans ce qu'on appelle des *mining pools*³⁶¹, afin d'optimiser leurs rémunérations et leurs performances³⁶². Notons que « les cinq entreprises principales de minage contrôlent plus de la moitié du marché »³⁶³. L'une des explications est que les mineurs utilisent du matériel spécialisé et coûteux, ainsi que beaucoup d'électricité, pour traiter les algorithmes des protocoles de consensus. Ainsi, même si en théorie

³⁵⁷ *Ibid.* p. 55.

³⁵⁸ *Ibid.* pp. 55-56.

³⁵⁹ *Ibid.* p. 58.

³⁶⁰ *Ibid.*

³⁶¹ Zheng, Z. et al. (2018). Blockchain challenges and opportunities, *op.cit.*, p. 369.

³⁶² Faure-Muntian, V., et al. (2018). *Comprendre les blockchains*, *op.cit.*, p. 39.

³⁶³ Zambrano, R., et al. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire*, *op.cit.*, p. 32.

n'importe quel individu du réseau peut participer au processus de validation, en réalité, seuls certains peuvent l'emporter dans ce processus³⁶⁴. Le minage devient donc de plus en plus centralisé. De même, la répartition des nœuds est très inégale dans le monde, avec près du tiers des nœuds venant d'Europe et un quart des États-Unis³⁶⁵. Ceci renforce la brèche techno-scientifique entre les pays développés et en développement.

De plus, bien que la blockchain ait été conçue comme outil d'émancipation, il ne faut pas négliger que comme toute technologie, la blockchain est insérée dans des rapports de pouvoir. En effet, une relation historique existe entre la tenue de registres publics et le pouvoir institutionnalisé. Ces registres ont permis de jeter les fondements des systèmes institutionnels, tels que les systèmes juridiques et les institutions sociopolitiques et économiques de la société³⁶⁶. Ceux ayant la capacité technologique (les rois, les prêtres, les États-nations et les *global tech companies*) ont utilisé la tenue de registres pour consolider leur pouvoir. Avec l'avènement du *big data*, secteur dominé par des plateformes géantes comme Facebook ou Google, il semblerait que le contrôle de l'information est aujourd'hui au cœur du pouvoir politico-économique. Les archives et les registres publics furent un moyen pour reproduire les institutions sociales et leurs relations de pouvoir intégrées³⁶⁷.

Ainsi, même si les partisans les plus fervents de la blockchain prétendent que celle-ci puisse potentiellement renverser les rapports de pouvoir, nous ne sommes pas du même avis. La blockchain étant encore en phase exploratoire, il est difficile d'évaluer quels seront ses effets à long terme sur les relations de pouvoir.

³⁶⁴ *Ibid.* p. 32.

³⁶⁵ *Ibid.* p. 33.

³⁶⁶ Lemieux, V. L. (2019). Blockchain and Public Recordkeeping: Of Temples, Prisons and the (Re) Configuration of Power. *Frontiers in Blockchain*, 2:5, p. 2.

³⁶⁷ *Ibid.*

Finalement, malgré les nombreuses promesses associées aux technologies émergentes, son impact doit être confronté aux réalités des contextes de développement³⁶⁸. Il n'existe pas d'approche universelle : des évaluations au cas par cas seront nécessaires³⁶⁹. En particulier, les solutions blockchain doivent être conçues en gardant à l'esprit les fractures numériques qui reflètent souvent des inégalités analogiques. Dans le cas échéant, elle n'aura pour effet que de renforcer la brèche techno-scientifique entre pays et en leur sein³⁷⁰. Les femmes, les adultes pauvres, les personnes les moins éduquées et les autres groupes traditionnellement défavorisés sont moins à même d'avoir l'accès à la technologie numérique, ou même de savoir comment s'en servir, ce qui peut exacerber les inégalités sociales, financières et numériques. Ainsi, la technologie numérique ne suffit pas à elle seule à accroître l'inclusion financière, ce n'est qu'un point de départ³⁷¹.

³⁶⁸ Maupin, J., et al. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen?* *op.cit.*, p. 32.

³⁶⁹ *Ibid.* p. 7.

³⁷⁰ Hernandez, K. (2017). *Blockchain for Development*, *op.cit.*, pp. 2-4.

³⁷¹ Sapovadia, V. (2018). *Financial Inclusion*, *op.cit.*, p. 363.

CONCLUSION

Dans ce travail de recherche, nous avons choisi de nous concentrer sur le potentiel de la technologie blockchain sur l'inclusion financière. En effet, il a été constaté qu'une meilleure inclusion financière peut avoir un effet sur la réalisation de plusieurs objectifs de développement durable des Nations-Unies. Plus précisément, nous avons exploré comment l'utilisation des cryptomonnaies et des identités auto-souveraines peut avoir un impact positif sur l'inclusion financière des populations traditionnellement exclues.

Dans le premier chapitre, l'écosystème de la technologie blockchain a été exposé en détail. Les différentes composantes et mécanismes qui sous-tendent la blockchain ont été largement définis. Il est apparu que la blockchain est une technologie qui réduit l'incertitude à laquelle nous sommes confrontés lors de l'échange économique, grâce à son registre décentralisé, distribué et immuable, permettant aux organisations et aux individus de partager des informations les uns avec les autres avec un degré de confiance et de transparence sans précédent, et ce sans intermédiation.

Nous avons également expliqué les trois mécanismes fondamentaux de cette technologie. D'abord, les transactions sont regroupées dans des blocs liés les uns aux autres de manière sécurisée en utilisant la cryptographie. La manière dont les données sont enregistrées, stockées et liées garantit l'immuabilité et la traçabilité des données. Ensuite, la blockchain s'exécute sur un réseau distribué de pair-à-pair, au sein duquel chaque utilisateur détient une copie du registre et participe à sa mise à jour. La nature distribuée du registre assure la transparence et la synchronisation des données. Finalement, afin de parvenir à un consensus sur l'état de la base de données, la

blockchain oblige les mineurs à se faire concurrence en utilisant leur puissance de calcul afin de valider les transactions. La combinaison de protocoles de consensus et d'incitatifs économiques assure l'intégrité du registre, tout en éliminant le besoin d'intermédiaires de confiance.

En outre, nous avons spécifié que les blockchains peuvent être classées en deux catégories : les blockchains publiques d'accès ouvert, et les blockchains privées et de consortium d'accès restreint. Les blockchains publiques assurent la transparence et l'immutabilité du registre. Les blockchains privées assurent l'efficacité du processus de validation, au détriment de la transparence et de l'immutabilité des données.

Finalement, nous avons présenté les trois typologies d'usage de la blockchain : les cryptomonnaies et portefeuilles numériques sont utilisés pour le transfert d'actifs financiers; la technologie du grand livre réparti permet enregistrer tout type d'information de manière immuable et traçable; et les contrats intelligents permettent d'exécuter les termes d'un contrat de manière automatisée.

Dans le deuxième chapitre, il a été question d'exposer comment la blockchain peut être mobilisée pour promouvoir une meilleure inclusion financière, et ainsi contribuer à la réalisation de plusieurs objectifs de développement durable des Nations-Unies. Plus précisément, nous avons exploré comment l'utilisation des cryptomonnaies et des identités numériques auto-souveraines peut avoir un potentiel sur l'inclusion financière des populations traditionnellement exclues.

Dans une première sous-partie, nous avons d'abord observé que dans le paradigme actuel des systèmes bancaires nationaux et internationaux, les individus doivent passer par divers intermédiaires de confiance afin de pouvoir transiger, ce qui accroît le coût et le temps des transactions. Face aux limites inhérentes du système financier conventionnel, nous avons constaté que plus de 1,7 milliard d'adultes dans le monde

sont exclus financièrement, ce qui affecte expressément les groupes traditionnellement exclus. L'un des obstacles évoqués quant à leur sous-bancarisation est le coût élevé des frais de transactions, et ce malgré l'engagement international à décliner ces coûts.

Nous avons ensuite exploré comment les cryptomonnaies et les portefeuilles numériques, en combinaison avec les technologies numériques (téléphone mobile et Internet), ont le potentiel d'élargir l'accès au système financier, en réduisant le coût et le temps des transactions. En effet, en permettant le transfert de fonds à un tarif nettement moins cher que les services établis, les cryptomonnaies offrent de nouvelles opportunités aux communautés marginales de se connecter entre elles et de participer à l'économie mondiale.

Par la suite, nous avons présenté diverses études de cas dans lesquelles les cryptomonnaies semblent avoir un impact sur la réalisation de l'Agenda 2030, notamment en termes de réduction des inégalités (ODD #10c), de lutte contre la pauvreté (ODD #1), d'éradication de la faim (ODD #2), de promotion de l'égalité entre les sexes (ODD #5), ainsi que des efforts concernant la traçabilité de l'aide internationale (ODD#17).

Dans une deuxième sous-partie, nous avons constaté que, malgré l'engagement de la communauté internationale, plus d'un milliard d'individus dans le monde n'ont pas la preuve de leur identité légale, affectant de manière disproportionnée les populations marginalisées, et particulièrement les réfugiés. Bien que la possession d'une identité légale ne soit pas suffisante à elle seule pour favoriser l'inclusion financière, sans identification, les individus sont confrontés à davantage d'exclusion sociale, politique, financière et numérique. Dans le but de combler le fossé identitaire dans le monde, plusieurs initiatives ont vu le jour afin de tirer parti des identités numériques et des technologies mobiles.

Face aux risques inhérents des systèmes d'identité numériques centralisés actuels (confidentialité des données, vols d'identités, contrôle étatique et exclusion), la technologie blockchain se présente comme une solution permettant de conférer une identité permanente, immuable et sécurisée aux individus. La conviction que les individus devraient avoir un plus grand contrôle sur leur propre identité personnelle a conduit au développement de systèmes d'identité auto-souverains. Au lieu de s'appuyer sur une entité centrale, les individus peuvent stocker leurs propres données d'identité sur un portefeuille numérique accessible depuis leur téléphone mobile, et les partager à leur discrétion.

Par la suite, nous avons présenté diverses études de cas dans lesquelles le modèle d'identité auto-souveraine semble avoir un impact sur la réalisation de l'Agenda 2030, notamment en termes de fourniture d'une identité légale (ODD #16.9), de lutte contre la pauvreté (ODD #1), d'éradication de la faim (ODD #2), de promotion de l'égalité entre les sexes (ODD #5), ainsi que des efforts concernant l'efficacité de l'aide internationale (ODD#17).

Dans le troisième chapitre, il a été question d'exposer les obstacles et les limites auxquels se heurte la technologie blockchain. Dans une première sous-partie, nous avons exposé les obstacles et limites des cryptomonnaies. D'abord, face à la volatilité des cryptomonnaies, à l'incertitude du cadre juridique, aux conflits d'intérêts, au détournement des cryptomonnaies pour des activités illicites et aux préoccupations concernant la confidentialité des données, l'on constate une résistance de la part des gouvernements nationaux et des institutions financières, qui désirent garder la mainmise sur le système financier. Ensuite, pour ce qui est spécifiquement du Bitcoin, cette cryptomonnaie se heurte aux limites de sa mise en échelle, au risque de collusion des mineurs et à l'enjeu de sa haute consommation énergétique.

Dans une deuxième sous-partie, nous avons exposé les obstacles et les limites des identités auto-souveraines. D'abord, face à l'incertitude du cadre juridique, des inquiétudes sont soulevées concernant la confidentialité des données et l'utilisation abusive des données, en particulier lorsqu'il s'agit de réfugiés. Ce qui en découle est une résistance des gouvernements et des organisations à renoncer au contrôle de ces systèmes d'identification. De même, les limites liées à la mise en échelle du modèle SSI empêchent une adoption massive de ses systèmes. Ensuite, la blockchain ne fait rien à elle seule pour résoudre le fossé identitaire, puisque fournir une identité dépend en grande partie de la capacité de l'État. Il incombe également aux États de garantir que les risques d'exclusion des populations traditionnellement marginalisées seront pris en compte et traités.

Dans une dernière sous-partie, nous avons exposé des obstacles plus généraux à prendre en compte. D'abord, les barrières à l'utilisation, telles que l'accès limité à Internet, à l'énergie, aux téléphones intelligents, ainsi que le niveau de complexité de la blockchain, représentent un défi déterminant, en particulier pour les populations marginalisées. De même, l'absence de capacités institutionnelles dans les pays en développement peut limiter la viabilité des projets blockchains à long terme. Ensuite, nous avons observé une tendance à la centralisation des mineurs et des nœuds au sein des pays développés, renforçant la brèche techno-scientifique. Nous avons également observé que la blockchain, comme toute technologie, s'insère dans des rapports de pouvoir. Finalement, nous avons établi que la technologie blockchain ne suffit pas à elle seule à accroître l'inclusion financière, voire qu'elle peut tendre à renforcer les inégalités déjà existantes.

Cette recherche a servi à fournir une vue d'ensemble étendue et détaillée du potentiel de la blockchain pour les objectifs de développement durable, plus précisément pour l'inclusion financière. Bien que la technologie blockchain semble avoir un potentiel significatif, il est néanmoins important de souligner que ce n'est pas une technologie

parfaite, ni neutre, est que, comme toute technologie, elle peut tendre à renforcer les inégalités sociales, financières et numériques déjà existantes. Il a été difficile d'évaluer le véritable potentiel de la blockchain puisque la plupart des initiatives sont encore à un stade naissant. L'obstacle à l'accès aux données et aux indicateurs de performance a empêché des conclusions complètes nécessaires pour témoigner du potentiel de cette technologie pour l'inclusion financière.

Néanmoins, ce travail dirigé a le mérite d'avoir examiné une sélection de cas d'utilisation prometteurs de la technologie blockchain pour l'Agenda 2030. Au-delà des ces cas d'utilisation, nous voyons les mérites de la technologie blockchain dans de nombreux autres domaines notamment l'agriculture ; la démocratie et la gouvernance³⁷² ; l'énergie, le climat et l'environnement³⁷³ ; l'eau, l'assainissement et l'hygiène³⁷⁴ ; la santé³⁷⁵ ; l'éducation³⁷⁶ ; les droits humains ; les droits de propriété privée³⁷⁷ et la gestion des chaînes d'approvisionnement³⁷⁸. Par ailleurs, il serait intéressant, dans de futurs projets de recherche, de clarifier le cadre juridique de cette technologie. « Plusieurs questions sont soulevées comme celles liées à la recherche de responsabilité, de garantie, de preuves, à la propriété intellectuelle et à la protection des données »³⁷⁹.

³⁷² Créer des institutions publiques plus fortes et responsables (ODD #16).

³⁷³ Stimuler la transition énergétique verte et assurer le libre accès à de l'énergie abordable et propre (ODD #7).

³⁷⁴

³⁷⁵ Faciliter l'échange de dossiers médicaux numériques et la gestion de la chaîne d'approvisionnement pharmaceutique (ODD #3).

³⁷⁶ Fournir une reconnaissance vérifiée de l'apprentissage accompli dans les institutions formelles et la gestion des diplômes numériques (ODD #4).

³⁷⁷ Réduire les coûts et les pratiques de corruption dans l'enregistrement des titres de propriété privée, et d'ainsi lutter contre la pauvreté (ODD #1), d'éradiquer la faim (ODD #2) et de réduire les inégalités (ODD #10).

³⁷⁸ Gouverner et réglementer plus efficacement les chaînes d'approvisionnement mondiales pour les rendre plus résilientes et transparentes (ODD #9), et garantir des modes de consommation et de production durables (ODD #12).

³⁷⁹ Berbain, C. (2017). La blockchain, *op.cit.*, p. 22.

ANNEXE A

LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE DES NATIONS UNIES

Objectif 1 : Éliminer la pauvreté sous toutes ses formes et partout dans le monde

Objectif 2 : Éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable

Objectif 3 : Permettre à tous de vivre en bonne santé et promouvoir le bien-être de tous à tout âge

Objectif 4 : Assurer l'accès de tous à une éducation de qualité, sur un pied d'égalité, et promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie

Objectif 5 : Parvenir à l'égalité des sexes et autonomiser toutes les femmes et les filles

Objectif 6 : Garantir l'accès de tous à des services d'alimentation en eau et d'assainissement gérés de façon durable

Objectif 7 : Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable

Objectif 8 : Promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous

Objectif 9 : Bâtir une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation

Objectif 10 : Réduire les inégalités dans les pays et d'un pays à l'autre

Objectif 11 : Faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients durables

Objectif 12 : Établir des modes de consommation et de production durables

Objectif 13 : Prendre d'urgence des mesures pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions

Objectif 14 : Conserver et exploiter de manière durable les océans, les mers et les ressources marines aux fins du développement durable

Objectif 15 : Préserver et restaurer les écosystèmes terrestres, en veillant à les exploiter de façon durable, gérer durablement les forêts, lutter contre la désertification, enrayer et inverser le processus de dégradation des sols et mettre fin à l'appauvrissement de la biodiversité

Objectif 16 : Promouvoir l'avènement de sociétés pacifiques et inclusives aux fins du développement durable, assurer l'accès de tous à la justice et mettre en place, à tous les niveaux, des institutions efficaces, responsables et ouvertes à tous

Objectif 17 : Renforcer les moyens de mettre en œuvre le Partenariat mondial pour le développement et le revitaliser

BIBLIOGRAPHIE

Traités et documents internationaux

Charte des Nations Unies (1945, 26 juin). 15 C.N.U.C.I.O. 365, R.T. Can. 1945 n° 7 (entrée en vigueur : 24 octobre 1945). Récupéré de <https://www.un.org/fr/charter-united-nations/>

Nations Unies. *Déclaration universelle des droits de l'homme* (1948, 10 décembre), Doc off AG NU, rés 217 A (III). Récupéré de https://www.ohchr.org/EN/UDHR/Documents/UDHR_Translations/frn.pdf

Nations Unies. *Déclaration sur le droit au développement adoptée par l'Assemblée générale le 4 décembre 1986*, AG Rés. 41/128, 41e sess., Doc. Off. AGNU 41/128 (1986), Préambule. Récupéré de <https://www.ohchr.org/fr/professionalinterest/pages/righttodevelopment.aspx>

Nations Unies. *Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement* (12 août 1992) dans *Rapport de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement*, Doc. N.U. A/CONF.151/26 (vol. I). Récupéré de [https://undocs.org/pdf?symbol=fr/A/CONF.151/26/Rev.1\(vol.I\)](https://undocs.org/pdf?symbol=fr/A/CONF.151/26/Rev.1(vol.I))

Nations Unies. *Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 13 septembre 2000. 55/2. Déclaration du Millénaire*, Doc off AG NU, 2000, DOC NU A/RES/55/2. Récupéré de <https://undocs.org/fr/A/RES/55/2>

Nations Unies. *Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 27 juillet 2015. 69/313. Programme d'action d'Addis-Abeba issu de la troisième Conférence internationale sur le financement du développement (Programme d'action d'Addis-Abeba)*, Doc off AG NU, A/CONF.227/L.1. Récupéré de <https://www.uneca.org/sites/default/files/uploaded-documents/FFD3-2015/document-final.pdf>

Nations Unies. *Résolution adoptée par l'Assemblée générale le 21 octobre 2015. 70/1. Transformer notre monde : le Programme de développement durable à l'horizon 2030*, Doc off AG NU, 2015, DOC NU A/RES/70/1. Récupéré de <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/N15/291/90/PDF/N1529190.pdf?OpenElement>

Nations Unies. *Questions de politique macroéconomique : promotion de la coopération internationale en matière de lutte contre les flux financiers illicites pour favoriser le développement durable : rapport de la Deuxième Commission*, A/72/418/Add.6 (8 décembre 2017). Récupéré de <https://undocs.org/pdf?symbol=fr/A/72/418/Add.6>

Secrétaire générale des Nations Unies (2019). Roadmap for Financing the 2030 Agenda for Sustainable Development. Récupéré de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/wp-content/uploads/2019/07/UN-SG-Roadmap-Financing-the-SDGs-July-2019>.

Monographies et chapitres d'ouvrages

Casey, M.J. et Vigna, P. (2018). *The Truth Machine: The Blockchain and the Future of Everything*. St. Martin's Press.

Chu, A. B. (2018). Mobile technology and financial inclusion. Dans *Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion, Volume 1* (p. 131-144). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810441-5.00006-3>

Drescher, D. (2017). *Blockchain Basics : A Non Technical Introduction in 25 steps*. Berkeley : Apress.

Maupin, J., Kahlert, J., Weizsäcker, F. V., Eggler, S., Honsel, T., Peter, V., Hess, U., et Fischle, R. (2019). *Blockchain: A World Without Middlemen? Promise and Practice of Distributed Governance*. Bonn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ). Récupéré de <https://d-nb.info/1192142756/34>

Sapovadia, V. (2018). Financial Inclusion, Digital Currency, and Mobile Technology. In *Handbook of Blockchain, Digital Finance, and Inclusion, Volume 2* (pp. 361-385). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-812282-2.00014-0>

Thomason, J., Ahmad, M., Bronder, P., Hoyt, E., Pocock, S., Bouteloupe, J., ... Shrier, D. (2018). Blockchain - Powering and Empowering the Poor in Developing Countries. Dans *Transforming Climate Finance and Green Investment with Blockchains* (pp. 137-152). Academic Press.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814447-3.00010-0>

Quiniou, M., et Debonneuil, C. (2019). Glossaire Blockchain. Chaire UNESCO.
 Récupéré de https://en.unesco.org/sites/default/files/blockchain_glossairefrn.pdf

Rapports

Bahia, K., et Suardi, S. (2019). *Connected Society: The State of Mobile Internet Connectivity*. GSMA: London, UK. Récupéré de
<https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2019/07/GSMA-State-of-Mobile-Internet-Connectivity-Report-2019.pdf>

Clark, J., Dahan, M., Desai, V., Ienco, M., de Labriolle, S., Pellestor, J. P., ... et Varuhaki, Y. (2016). *Digital identity: towards shared principles for public and private sector cooperation*. A Joint World Bank Group, GSMA and Secure Identity Alliance Discussion Paper. Récupéré de
<https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/24920/Digital0identi0e0sector0cooperation.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Demirguc-Kunt, A., Klapper, L., Singer, D., Ansar, S., et Hess, J. (2018). *The Global Findex Database 2017: Measuring financial inclusion and the fintech revolution*. The World Bank Group. Récupéré de
<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/29510>

Faure-Muntian, V., De Ganay, C., et Le Gleut, R. (2018). *Comprendre les blockchains: fonctionnement et enjeux de ces nouvelles technologies*. Rapport parlementaire N° 584. Récupéré de <https://www.senat.fr/rap/r17-584/r17-5841.pdf>

Galen, D., Brand, N., Boucherle, L., Davis, R., Do, N., El-Baz, B., ... et Lee, J. (2018). *Blockchain for social impact: moving beyond the hype*. Center for Social Innovation et RippleWorks. Récupéré de
<https://www.gsb.stanford.edu/sites/gsb/files/publication-pdf/study-blockchain-impact-moving-beyond-hype.pdf>

- GSMA (2017). *Blockchain for development : Emerging opportunities for mobile, identity and aid*, London : GSMA. Récupéré de <https://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2017/12/Blockchain-for-Development.pdf>
- Kemp, S. (2019). *Digital 2019: Global digital overview*. Récupéré de <https://datareportal.com/reports/digital-2019-global-digital-overview>.
- McQuinn, A., et Castro, D. (2019). *A policymaker's guide to blockchain*. Washington, DC: Information Technology and Innovation Foundation. Récupéré de <https://itif.org/publications/2019/04/30/policymakers-guide-blockchain>
- Ministry of Foreign Affairs of Denmark, Sustainia et Coinify (2017). *Hack the Future of Development Aid*. Récupéré de <https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/Hack%20The%20Future%20December%202017v2.pdf>
- OCDE (2019). *Manuel de sensibilisation au blanchiment de capitaux et au financement du terrorisme à l'intention des contrôleurs des impôts*, OCDE, Paris. Récupéré de <https://www.oecd.org/fr/fiscalite/delits/manuel-sensibilisation-blanchiment-capitaux-et-financement-terrorisme-a-intention-controlleurs-impots.pdf>
- OCDE (2020). *Fiscalité des monnaies virtuelles : Panorama des traitements fiscaux et des sujets émergents de politique fiscale*. OCDE, Paris. Récupéré de <https://www.oecd.org/fr/fiscalite/politiques-fiscales/fiscalite-des-monnaies-virtuelles-panorama-des-traitements-fiscaux-et-des-sujets-emergents-de-politique-fiscale.pdf>
- OECD (2020). *OECD Secretary-General Tax Report to G20 Finance Ministers and Central Bank Governors – October 2020*, OECD, Paris. Récupéré de <https://www.oecd.org/tax/oecd-secretary-general-tax-report-g20-finance-ministers-october-2020.pdf>
- OCDE (2021). *En finir avec les montages financiers abusifs : Réprimer les intermédiaires qui favorisent les délits fiscaux et la criminalité en col blanc*, OCDE, Paris. Récupéré de <https://www.oecd.org/fr/fiscalite/delits/en-finir-avec->

les-montages-financiers-abusifs-reprimer-les-intermediaires-qui-favorisent-les-delits-fiscaux-et-la-criminalite-en-col-blanc.pdf

World Bank (2019). *Identification for Development (ID4D) 2019 Annual Report*. Washington, D.C: World Bank Group. Récupéré de <http://documents.worldbank.org/curated/en/566431581578116247/Identification-for-Development-ID4D-2019-Annual-Report>

Livres blancs

Wigley, B. et Cary, N. (2017). *The Future is Decentralised: Blockchains, Distributed Ledgers, and the Future of Sustainable Development*. New York: United Nations Development Programme. Récupéré de <https://www.undp.org/content/dam/undp/library/innovation/The-Future-is-Decentralised.pdf>

Zambrano, R., Seward, R. K., et Sayo, P. (2017). *Libérer le potentiel révolutionnaire de la technologie des chaînes de blocs pour le développement humain*. Centre de Recherches pour le Développement International. Récupéré de <https://hdl-bnc-idrc.dspacedirect.org/handle/10625/56759>

Articles de revues scientifiques

Addison, C., et Lohento, K. (2018). Blockchain: finding real benefits beyond the hype. *ICT Update* (88). Récupéré de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/97670/ICTUpdate_88FR.pdf

Bajenaru-Declerck, V. (2009). La diffusion du concept de développement durable. *Géoéconomie*, (2), 77-94. <https://doi.org/10.3917/geoec.049.0077>

Berbain, C. (2017). La blockchain: concept, technologies, acteurs et usages. *Annales des Mines-Réalités industrielles*, 2017 (3), 6-9. <https://doi.org/10.3917/rindu1.173.0006>

Catalini, C., et Gans, J. S. (2016). Some simple economics of the blockchain (No. w22952). *National Bureau of Economic Research*. Récupéré de https://www.nber.org/system/files/working_papers/w22952/w22952.pdf

- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., et Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2(6-10), 71. Récupéré de <https://j2-capital.com/wp-content/uploads/2017/11/AIR-2016-Blockchain.pdf>
- Dinh, T. T. A., Liu, R., Ooi, B. C., Wang, J., Zhang, M., et Chen, G., (2018). Untangling blockchain: A data processing view of blockchain systems. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 30(7), 1366-1385. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2017.2781227>
- Dunphy, P., et Petitcolas, F. A. P. (2018). A first look at identity management schemes on the blockchain. *IEEE Security and Privacy*, 16(4), 20-29. <https://doi.org/10.1109/MSP.2018.3111247>
- Hernandez, K. (2017). Blockchain for Development—Hope or Hype? *Institute of Development Studies, Rapid Response Briefing*. 17, 1-4.
- Hughes, A., Park, A., Kietzmann, J., et Archer-Brown, C. (2019). Beyond Bitcoin: What blockchain and distributed ledger technologies mean for firms. *Business Horizons*, 62(3), 273-281. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2019.01.002>
- Kewell, B., Adams, R., et Parry, G. (2017). Blockchain for good? *Strategic Change*, 26(5), 429-437. <https://doi.org/10.1002/jsc.2143>
- Kshetri, N. et Voas, J. (2018). Blockchain in developing countries. *It Professional*, 20(2), 11-14. <https://doi.org/10.1109/MITP.2018.021921645>
- Langevin, M. (2013). La mise en forme de l'inclusion financière périphérique. Réactivité et créativité de la microfinance dans son rapport aux crises. *Cahiers de recherche sociologique*, 55(55), 91-115. <https://doi.org/10.7202/1027683ar>
- Langevin, M. (2016). La stratégie nationale d'inclusion financière péruvienne: capacitation des clientèles vulnérables et exclusion du développement productif. *Revue Tiers Monde*, 225(225), 101-123. <https://doi.org/10.3917/rtm.225.0101>
- Lemieux, V. L. (2019). Blockchain and Public Recordkeeping: Of Temples, Prisons and the (Re) Configuration of Power. *Frontiers in Blockchain*, 2:5. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2019.00005>

- McCloskey, S. (2019). The Sustainable Development Goals, Neoliberalism And NGOs: It's Time To Pursue A Transformative Path To Social Justice. *Policy & Practice: A Development Education Review*, (29). Récupéré de <https://www.developmenteducationreview.com/sites/default/files/Full%20Issue%2029%20final-1.pdf#page=155>
- Nofer, M., Gomber, P., Hinz, O., et Schiereck, D. (2017). Blockchain. *Business & Information Systems Engineering : The International Journal of Wirtschaftsinformatik*, 59(3), 183-187. <https://doi.org/10.1007/s12599-017-0467-3>
- Oakes, E. (2018). Construire des vies dignes pour les petits exploitants. *ICT Update* (88). Récupéré de https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/97670/ICTUpdate_88FR.pdf
- Pisa, M. (2018). Reassessing expectations for blockchain and development. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 12(1-2), 80-88. https://doi.org/10.1162/inov_a_00269
- Pisa, M. et Juden, M. (2017). Blockchain and economic development: Hype vs. reality. *Center for Global Development Policy Paper*, 107, 150. Récupéré de https://www.cgdev.org/sites/default/files/blockchain-and-economic-development-hype-vs-reality_0.pdf
- Plisson, C.F. (2017). La blockchain, un bouleversement économique, juridique voire sociétal. *I2D - Information, données & documents*, 54(3), 20-20. <https://doi.org/10.3917/i2d.173.0020>
- Qureshi, S., et Xiong, J. (2018). Global Financial Inclusion and Human Development: The Bitcoin Effect. *GlobDev*. Récupéré de <https://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1007&context=globdev201>
- Shi, L., Han, L., Yang, F., et Gao, L. (2019). The evolution of sustainable development theory: Types, goals, and research prospects. *Sustainability*, 11(24). <https://doi.org/10.3390/su11247158>
- Sredojević, D., Cvetanović, S. and Bošković, G., 2016, Technological changes in economic growth theory: Neoclassical, endogenous, and evolutionary-

institutional approach. *Economic Themes*, 54(2), 177-194.
<https://doi.org/10.1515/ethemes-2016-0009>

Toulon, N. (2018). La blockchain: opportunités et défis pour l'agriculture. *ICT Update (88)*. Récupéré de
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/97670/ICTUpdate_88FR.pdf

Wang, F., et De Filippi, P. (2020). Self-sovereign identity in a globalized world: Credentials-based identity systems as a driver for economic inclusion. *Frontiers in Blockchain*, 2. <https://doi.org/10.3389/fbloc.2019.00028>

Weru, J. (2018). Cryptomonnaies : l'information plutôt que le buzz. *ICT Update (88)*. Récupéré de
https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/97670/ICTUpdate_88FR.pdf

Williamson, J. (1993). Democracy and the “Washington consensus”. *World development*, 21(8), 1329-1336. Récupéré de <https://www-sciencedirect-com.proxy.bibliotheques.uqam.ca/science/article/pii/0305750X9390046C>

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N., Chen, X., et Wang, H. (2018). Blockchain challenges and opportunities: A survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 14(4), 352-375. <https://doi.org/10.1504/IJWGS.2018.095647>

Actes de conférences

Nguyen, Q. K. (2016). Blockchain-a financial technology for future sustainable development. Dans *2016 3rd International conference on green technology and sustainable development (GTSD)* (pp. 51-54). IEEE. Récupéré de
<https://ieeexplore-ieee-org.proxy.bibliotheques.uqam.ca/document/7796617>

Stokkink, Q., et Pouwelse, J. (2018, July). Deployment of a blockchain-based self-sovereign identity. Dans *2018 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*. Halifax, NS, Canada 30 July 2018 - 3 August 2018 (pp. 1336-1342). IEEE.
https://doi.org/10.1109/Cybermatics_2018.2018.00230

Wüst, K., et Gervais, A. (2018, June). Do you need a blockchain? Dans *2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*. IEEE, 44-54.
<https://doi.org/10.1109/CVCBT.2018.00011>

Zwitter, A., et Herman, J. (2018). Blockchain for Sustainable Development Goals - #Blockchain4SDGs, Report 2018. Dans *Blockchain4SDGs workshop*. University of Groningen. Récupéré de
https://www.rug.nl/research/portal/files/63204374/351162_Paper_Blockchain_4SDGs_A4_RUG_CF_LRdef_2_.pdf

Communiqués de presse

Coca, N. (2017, 20 décembre). *Moeda : the Cooperative Cryptocurrency that aims to advance financial inclusion*. Récupéré de <https://www.shareable.net/why-are-young-people-joining-cooperatives-3-youth-leaders-share-their-views/>

The United Nations Capital Development Fund (UNCDF). *Financial inclusion and the SDGs*. Récupéré de <https://www.uncdf.org/financial-inclusion-and-the-sdgs>

The World Bank. (2018, 2 octobre). *Financial Inclusion : Financial inclusion is a key enabler to reducing poverty and boosting prosperity*. Récupéré de <https://www.worldbank.org/en/topic/financialinclusion/overview>

The World Bank. (2019, 8 avril). *Record high remittances sent globally in 2018*. Récupéré de <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2019/04/08/record-high-remittances-sent-globally-in-2018>

Sites web

Cryptobasics (2020, 30 septembre). Does China Have a Cryptocurrency? Récupéré de <https://coinmarketcap.com/alexandria/article/does-china-have-a-cryptocurrency>

Cryptoencyclopédie. (2017, 22 août). Clef privée/clef publique : comment ça fonctionne? Dans *Comprendre le fonctionnement de la technologie Blockchain, le Bitcoin et les autres crypto-monnaies*. Récupéré de <https://www.cryptoencyclopedia.com/single-post/Clef-privee-Clef-publique-comment-ca-fonctionne-Bitcoin>

Définition du néolibéralisme. Équipe Perspective Monde. Récupéré de <https://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMDictionnaire?iddictionnaire=1609>

How Bitcoin Mining Works. Récupéré de <https://www.bitcoinmining.com/>

Livre blanc. (2020, 17 décembre, 19 h 52). Dans Wikipédia, l'encyclopédie libre. Récupéré le 15 janvier 2021 de https://fr.wikipedia.org/wiki/Livre_blanc.

Nations Unies. Sustainable Development Knowledge Platform. *Voluntary National Reviews Databases*. Récupéré de https://sustainabledevelopment.un.org/vnrs/index.php?str=blockchain#results_area

SDG Knowledge Hub. (2019, 10 janvier). *Financial Inclusion Through Mobile Technology: Closing the Agricultural Gender Gap*. Récupéré de <https://sdg.iisd.org/commentary/generation-2030/financial-inclusion-through-mobile-technology-closing-the-agricultural-gender-gap/>

The World Bank (2018). Identification for Development (1D4D) Data : Global Identification Challenge by the Numbers. Récupéré de <https://id4d.worldbank.org/global-dataset>

Thèses

Essabri, N. (2017). *Représentations, agir et justifications du développement durable chez les dirigeants de PME: le cas des dirigeants de riads maisons d'hôtes à Marrakech* (Thèse de doctorat). Conservatoire National des Arts et Métiers-CNAM. Récupéré de <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01815121/document>

Notes de cours

Nagels, N. (2018). *Approches et pratiques du développement : notes de cours POL8511*. Université du Québec à Montréal, département de science politique.