

Blockchains & développement durable

2022





Alors que la plupart des technologies ont tendance à automatiser les travailleurs de la périphérie, qui effectuent des tâches subalternes, les blockchains automatisent le centre. Au lieu de mettre le chauffeur de taxi au chômage, les blockchains mettent Uber au chômage et permettent aux chauffeurs de taxi de travailler directement avec leurs clients".

Vitalik Buterin, 30 septembre 2015

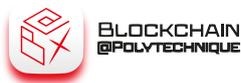
in « *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World* », Don Tapscott, Alex Tapscott, Penguin, 10 mai 2016 - ISBN 9781101980156

A PROPOS



Écosystème, *Blockchain for Good* est une association de fait depuis 2018 et une association de loi 1901 depuis 2021. Elle a pour objet de valoriser, promouvoir, soutenir et contribuer à la recherche fondamentale et appliquée en matière d'innovations numériques, favoriser et accompagner le partage d'expériences entre l'écosystème des blockchains et les acteurs du développement durable, et promouvoir un cadre législatif et normatif favorable à l'innovation.

NOS PARTENAIRES



La **chaire Blockchain@X de l'École Polytechnique** a pour vocation d'allier excellence académique avec prestige institutionnel et scientifique afin de favoriser l'innovation en matière de blockchain. Pionnière dans son domaine et soutenue par Capgemini, Nomadic Labs et la Caisse des Dépôts, elle rassemble des scientifiques en informatique et en économie dont les recherches portent sur les blockchains et les technologies associées. La chaire propose également une offre variée de cours aux étudiants de l'École Polytechnique désireux de s'initier à ce domaine en mutation constante, et contribue à l'organisation de conférences académiques internationales telles que Tokenomics ou Future.s Of Money (FOMPARIS).



La **Caisse des Dépôts** et ses filiales constituent un Groupe public, Investisseur de long terme au service de l'intérêt général et du développement durable des territoires. La Blockchain est un enjeu stratégique majeur pour la Caisse des Dépôts, ses métiers et ses clients. Créé en 2015, le Programme Blockchain & Cryptoactifs identifie et implémente des cas d'usages à valeur ajoutée, dans le cadre de projets industriels (Archipels, Liquidshare) ou de partenariats (LaBChain, IRT SystemX), au service du Groupe Caisse des Dépôts et en soutien de l'écosystème, accompagne les acteurs publics dans le déploiement de ces technologies, et contribue aux débats réglementaires pour construire un cadre adapté, au service des enjeux de souveraineté français et européens.



L'**Institut Louis Bachelier** (ILB) est une association de loi 1901, créé en 2008, sous l'impulsion de la Direction Générale du Trésor et de la Caisse des Dépôts et Consignations. L'ADN du Groupe Louis Bachelier (ILB, FdR, IEF) est la recherche scientifique, qui favorise le développement durable en Économie et Finance. Actuellement plus de 60 programmes sont hébergés à l'ILB, avec un focus sur quatre transitions sociétales : environnementale, digitale, démographique et financière. Les activités visent à engager des académiques, des entreprises et des pouvoirs publics dans des programmes de recherche ainsi que dans les manifestations scientifiques et autres forums d'échange.



Bpifrance finance les entreprises - à chaque étape de leur développement – en crédit, en garantie et en fonds propres. Bpifrance les accompagne dans leurs projets d'innovation et à l'international. Bpifrance assure aussi leur activité export à travers une large gamme de produits. Conseil, université, mise en réseau et programme d'accélération à destination des startups, des PME et des ETI font également partie de l'offre proposée aux entrepreneurs.



PositiveBlockchain.io est tout à la fois une base de données ouverte, un média et une communauté qui explore le potentiel des technologies blockchains à impact social et environnemental. Ils aiment à s'appeler des « Blockchain Positivists ».



La **Fondation ELYX** sous l'égide de la Fondation Bullukian est reconnue d'utilité publique. Ses programmes ont pour vocation de faire de l'Agenda 2030 un succès, de participer à une culture ambitieuse et inclusive, et de valoriser l'innovation comme levier pour 2030.

L'Association Blockchain for Good publie des analyses indépendantes et les opinions exprimées dans ce rapport n'engagent que leurs auteurs et ni les individus ou les organisations consultées, ni nos partenaires, l'Institut Louis Bachelier, la chaire Blockchain@X de l'École Polytechnique, créé avec le soutien de Capgemini, NomadicLabs et la Caisse des dépôts et des Consignations, le Groupe Caisse des dépôts, la Banque Publique d'Investissement, PositiveBlockchain.io et la Fondation Elyx.



Les contenus de ce rapport sont mis à disposition selon les termes de la **Licence Creative Commons : Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International**.

Vous êtes autorisés à : Partager — copier, distribuer et communiquer le rapport par tous moyens et sous tous formats. Adapter — remixer, transformer et créer à partir du rapport selon les conditions suivantes : Attribution — Vous devez créditer le rapport, intégrer un lien vers la licence et indiquer si des modifications au rapport ont été effectuées. Vous devez indiquer ces informations par tous les moyens raisonnables, sans toutefois suggérer que l'Offrant vous soutient ou soutient la façon dont vous avez utilisé son rapport. Pas d'Utilisation Commerciale — Vous n'êtes pas autorisés à faire un usage commercial de ce rapport, tout ou partie du matériel le composant. Partage dans les Mêmes Conditions — Dans le cas où vous effectuez un remix, que vous transformez, ou créez à partir du matériel composant le rapport original, vous devez diffuser le rapport modifié dans les mêmes conditions, c'est à dire avec la même licence avec laquelle le rapport original a été diffusé. V.1.1

AUTEURS

Jacques-André Fines Schlumberger. Docteur en sciences de l'information et de la communication, après un Master de sciences politiques et une maîtrise de droit des affaires, Jacques-André Fines Schlumberger est entrepreneur, depuis les années 2000, sur des sujets d'innovations sociales et numériques. Il est enseignant à l'Université Panthéon-Assas (Paris 2) et auteur pour *La revue européenne des médias et du numérique*. Il s'intéresse aux blockchains et leurs applications pratiques depuis longtemps, et sous le prisme du développement durable depuis 2018.

Pierre Noro. Après plusieurs années passées au sein des programmes Blockchain et Cryptoactifs de la Caisse des Dépôts et des Consignations, Pierre Noro accompagne désormais des entreprises dans la conception et le développement de nouveaux services blockchain à impact social positif. Il est enseignant à Sciences Po Paris, au *Learning Planet Institute* (Université Paris-Cité) et chercheur. Outre ses travaux sur la gouvernance décentralisée et les problématiques éthiques dans le numérique, il collabore notamment au projet de vote en ligne décentralisé *Pebble.vote*.

Lucas Zaehringier. Co-fondateur de *Positiveblockchain.io*, Lucas Zaehringier explore les liens entre blockchain et impact social depuis 2017. Il est également *Lead Europe* chez *Verity Tracking*, une *startup* qui utilise la blockchain et la tokenisation pour décarboner les biocarburants et les chaînes de valeur biosourcées en lien avec les matières premières agricoles.

CONTRIBUTEURS

Pierre Champsavoir, Expert en gestion des risques et finance durable.

Noémie Dié, Doctorante en économie à Télécom Paris et Bpifrance Le Lab.

Alejandro Gómez, Christophe Gbossou, Membres experts, Africa 21.

Audran Gouis, Etudiant à Sciences Po Paris, Ecole d'Affaires Publiques.

Ani Ramos, Co-foundatrice de *Positiveblockchain.io*, Product Manager @Palm NFT Studio.

Razali Samsudin, Chercheur indépendant, Educateur, Co-fondateur de Sustainable ADA.

RELECTEURS

(Légende : I = introduction ; Chapitre = 1 à 12 ; C = conclusion - Les liens renvoient vers le réseau social LinkedIn)

[Géraud Ahouandjinou](#) (10), [Hervé Alexandre](#) (2), [Daniel Augot](#) (1), [Louis Bertucci](#) (1, 4, 8, 11), [Pierre Champsavoir](#) (1, 1, 2), [Martin Chazelle](#) (1, 2, 10), [Noémie Dié](#) (1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12), [Christophe Gbossou](#) (1, 2, 3, 10, 12), [Patrice Geoffron](#) (4), [Alejandro Gómez](#) (1, 2, 3, 6, 7, 10, 12), [Audran Gouis](#) (1, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12), [Thibaud Huriez](#) (1, 2, 5), [Pascal Lafourcade](#) (3), [Thibault Langlois-Berthelot](#) (1), [Mathieu Lesueur](#) (5), [Paul Pflimlin](#) (1, 2, 5), [Ani Ramos](#) (7), [Paul Rivière](#) (1, 2, 10), [Stéphane Voisin](#) (4), [Lucas Zaehringier](#) (1).



SYNTHÈSE

Ce rapport s'inscrit dans la continuité des travaux de l'association Blockchain for Good, et notamment de la publication d'un premier rapport publié en juin 2020. Tous deux tentent de répondre à la question de savoir si et **comment les blockchains pourraient-elles permettre d'accélérer la réalisation des Objectifs du développement durable**, et ce de façon significative et soutenable ? Quelles blockchains, quels Objectifs de développement durable ? Dans quel but et comment ? Quels projets décentralisés fonctionnent ? Dans quels domaines et selon quelle gouvernance ?

Est-il possible de concilier certaines blockchains et la dépense énergétique nécessaire à leur fonctionnement avec les Objectifs de développement durable ? Pourquoi de nombreux experts de l'Organisation des Nations Unies sont persuadés que les blockchains vont jouer un rôle important dans le développement durable et contribueront à la préservation de l'environnement ? Comment se fait-il que des Organisations internationales et des Organisations non gouvernementales expérimentent la mise en œuvre de projets blockchain depuis 2013, dans des domaines aussi variés que les chaînes d'approvisionnement, le paiement et le transfert d'argent en crypto-actifs, la traçabilité du bétail, l'identité numérique ou encore l'enregistrement des terres ?

La diversité des cas d'usage de projets « blockchain for good » semble résulter d'une convergence naturelle entre les principes de transparence, de traçabilité,

de collaboration et de décentralisation qui sous-tendent ces registres distribués et qui sont implicites aux Objectifs d'un développement durable ? La crise sanitaire mondiale, engendrée par la pandémie de Covid-19, et la prise de conscience de l'intérêt et de la résilience des modèles décentralisés vont-elles servir d'accélérateur à l'usage de cette classe de technologie ? Rien n'est moins sûr.

Après avoir rappelé les fondamentaux du « Programme de développement durable à l'horizon 2030 » et des 17 Objectifs de développement durable, définis dans le cadre des discussions entre les 193 États membres de l'Organisation des Nations Unies et la société civile, nous nous sommes intéressés à la manière dont fonctionnent les « blockchains » et leur valeur ajoutée, en les distinguant selon leur caractère public ou privé (introduction). Quel est l'apport des blockchains publiques en termes de décentralisation et de gouvernance ? Que permettent les smart contracts*, les applications décentralisées (dApps*) et les organisations autonomes décentralisées (DAO*) ? Qu'en est-il de la dépense énergétique de Bitcoin ?

Aujourd'hui, les blockchains servent quatre grands types d'usage : (1) **échanger des actifs numériques en pair-à-pair**, (2) **basculer vers le paradigme de l'identité numérique décentralisée**, (3) **tenir un registre infalsifiable de données**, ou encore (4) **programmer des actifs numériques**, chacun de ces usages pouvant être combinés avec les autres.

La deuxième édition de ce rapport « Blockchains & développement durable » aura été l'occasion de collecter des informations à propos de quelque 700 projets blockchain – chacun se rattachant à la poursuite d'un ou plusieurs Objectifs de développement durable. Cet annuaire, créé par PositiveBlockchain.io en 2018 et auquel l'association Blockchain for Good contribue activement, est librement accessible au format *open data* (page 46).

Ces projets se répartissent, selon le nombre de projets identifiés, entre douze grands thèmes - (1) Identité & propriété, (2) Monnaies électroniques pair-à-pair & argent programmable, (3) Santé, (4) Chaîne d'approvisionnement & logistique, (5) Énergie, (6) Aides, charité & philanthropie, (7) Agriculture & alimentation, (8) Web 3.0, arts & sciences, (9) Environnement & climat, (10) Gouvernement & démocratie, (11) Communication électronique & télécommunications, et (12) Éducation & emploi.

Le premier constat qui en résulte, inchangé depuis la rédaction de notre premier rapport en 2020, tient dans la mesure d'un écart significatif entre les ambitions tous azimuts, portées par des initiatives et acteurs très variés, et la réalité d'exécution de ces projets qui se heurtent encore à de nombreuses limites, dorénavant plus politiques que techniques. Du fait de leur caractère profondément novateur, les blockchains dérangent.

Un premier thème nous est apparu comme transversal à tous les secteurs d'activité : celui de l'**identité numérique décentralisée** (chapitre 1). C'est un nouveau paradigme, encore en construction, qui porte la promesse d'une réappropriation par tout un chacun de ses données personnelles. Dans le modèle d'identité décentralisée, des émetteurs délivrent des attestations vérifiables* à des individus, - des titulaires, qui les présentent ensuite à des vérificateurs, brisant le modèle de l'identité centralisée où une personne dissémine ses données personnelles auprès de tous les tiers avec lesquels il interagit. Alors que la population mondiale compte 7,9 milliards d'individus, un milliard de personnes ne peuvent pas prouver leur identité, ce qui est déterminant, selon la Banque Mondiale, pour au moins dix des Objectifs de développement durable.

L'adoption à grande échelle de systèmes d'identité centralisés se heurte aujourd'hui aux nombreuses résistances de la part des grands acteurs du web et des acteurs privés dont le modèle repose sur l'identification de leurs utilisateurs, notamment à des fins publicitaires et commerciales. L'identité numérique décentralisée semble également être la clé de voûte de projets blockchain dans le domaine de la santé (chapitre 3), visant à protéger les données des patients, ou encore dans le domaine de l'éducation (chapitre 12), grâce à la certification de diplômes et de titres de formation.



C'est également la stratégie de l'Europe à travers l'European Blockchain Services Infrastructure (EBSI) que de promouvoir ce nouveau paradigme de l'identité numérique décentralisée. Finalement, les pays les plus enclins à basculer dès aujourd'hui vers un système d'identité décentralisée semblent être ceux qui n'arrivent pas à fournir une identité à leurs citoyens. Gravity au Kenya, FlexID au Zimbabwe, Atala Prism en Éthiopie sont quelques-unes de ces initiatives qui mettent en œuvre, à grande ou petite échelle, ce nouveau paradigme de l'identité décentralisée. Quant à la mise en place d'un registre décentralisé de la propriété foncière, des projets plus ou moins avancés prennent forme au Ghana, au Bangladesh, en Inde mais aussi en Suède ou encore en Géorgie.

Alors que l'innovation fondamentale des blockchains, au premier rang desquels Bitcoin, est de pouvoir transférer de la valeur en pair-à-pair, sans plus passer par un intermédiaire, force est de constater, encore une fois, que **l'adoption des crypto-actifs par le grand public est bien plus avancé dans les pays marqués par une instabilité financière et ceux dont les institutions sont fragiles** (chapitre 2).

Que ce soit pour envoyer des fonds transfrontaliers ou encore se protéger de l'inflation, le transfert d'argent de pair-à-pair est de plus en plus utilisé dans certains pays parmi lesquels le Kenya, le Nigeria, le Vietnam ou encore le Venezuela. Des virements instantanés, quasiment sans frais et sans condition de nationalité rebattent les cartes des transferts d'argent.

Contrairement à une idée reçue, **associer blockchains et lutte contre le changement climatique n'est pas un oxymore**. Des initiatives blockchains dans le domaine de l'environnement et du climat (chapitre 4) donnent à voir de nouvelles organisations visant à décentraliser les marchés volontaires de carbone, des marchés de l'eau, le financement de collectes de déchets, les dons en crypto-actifs fléchés vers des projets environnementaux ou bien encore projets d'agroécologie et de reforestation.

En vertu de leurs propriétés intrinsèques, - être un réseau pair-à-pair et assurer la transparence d'un registre commun dans un environnement sécurisé, les blockchains trouvent, dans le domaine de l'énergie (chapitre 8), un vaste champ d'exploration, que ce soit dans les domaines du **commerce de l'énergie, des certificats d'énergie ou encore de l'optimisation du réseau**.

Quel est l'impact des blockchains, des smart contracts et même des Organisations autonomes décentralisées (DAO*) dans les services publics, les gouvernements et les démocraties (chapitre 9), dans le domaine de l'éducation et de l'emploi (chapitre 12) et celui de la santé (chapitre 3) ?

Comment, s'interroge Pierre Noro au chapitre 9, « *une technologie résolument anarchiste, libertarienne, dans un sens "anti-État" peut désormais être présentée comme une opportunité pour la rénovation de nos systèmes démocratiques et des*

administrations publiques, au niveau local, national et international ? ».

La promesse des blockchains dans le domaine de l'agriculture et l'alimentation (chapitre 6) et des chaînes d'approvisionnement (chapitre 5) laisse également entrevoir le potentiel des registres distribués à des fins de traçabilité, de partage d'information et de responsabilisation des acteurs sur des chaînes de valeur complexes.

Notre approche, par secteur d'activité, nous aura permis d'identifier les grands principes et l'articulation d'un écosystème de monnaies électroniques pair-à-pair et

de crypto-actifs reliant différents protocoles blockchain à la poursuite des Objectifs de développement durable.

Certes, les défis restent innombrables. Mais l'analyse de nombreux projets, dont certains ont d'ores et déjà dépassé le simple stade de la preuve de concept, valide la pertinence et l'efficacité des modèles s'appuyant sur une architecture technique qui distribue la confiance entre ses utilisateurs, selon des règles prédéfinies, et une gouvernance sans tête ni centre, augurant des formes inédites d'interactions sociales au bénéfice de tous.



BLOCKCHAINS & DÉVELOPPEMENT DURABLE

Les blockchains permettent-elles d'accélérer la réalisation des Objectifs du développement durable, et ce de façon significative et soutenable ? Est-il possible concilier certaines blockchains et la dépense énergétique nécessaire à leur fonctionnement avec les Objectifs de développement durable ? Existe-t-il des blockchains publiques dont la sécurisation des transactions n'a pas le même impact énergétique ? La démultiplication des cas d'usage de « Blockchains for good » résulte-t-elle d'une convergence naturelle entre les principes de transparence, de traçabilité, de collaboration et de décentralisation notamment qui sous-tendent les registres distribués de type blockchain et qui sont implicites aux Objectifs d'un développement durable ?

La deuxième édition de ce rapport aura permis de définir les grands principes et l'articulation d'un écosystème de monnaies dites programmables ou encore de crypto-actifs reliant différents protocoles blockchain à la poursuite des Objectifs de développement durable, analysés à travers douze thématiques : identité & propriété, monnaie pair-à-pair & argent programmable, santé, environnement & climat, chaînes d'approvisionnement & logistique, agriculture & alimentation, web 3.0, arts & sciences, énergie, gouvernement & démocratie, aides, charité & philanthropie, communications électroniques & télécommunications, éducation & emploi. L'analyse de nombreux projets, dont certains ont d'ores et déjà dépassé le simple stade de la preuve de concept, permet de valider la pertinence et l'efficacité des modèles s'appuyant sur une architecture technique qui distribue la confiance entre ses utilisateurs, selon des règles prédéfinies, et une gouvernance sans tête ni centre, augurant des formes inédites d'interactions sociales.