

La *blockchain* est-elle bonne pour le climat ?

Par Paul JOLIE

Ingénieur général des Mines, Conseil général de l'Économie

La *blockchain* publique est une technologie récente qui permet de créer de la confiance. Dépourvue d'une instance centralisée, la *blockchain* repose sur un réseau de pair-à-pair. L'endommagement ou la perte d'un nœud n'affectera pas le fonctionnement de l'ensemble du système. Avec ses propriétés d'invulnérabilité, de traçabilité et de transparence, la *blockchain* permet de créer des services de notariation dans le monde numérique, entre des acteurs qui ne se font pas *a priori* confiance.

Comme applications récentes utilisant la technologie *blockchain*, on recense les cryptomonnaies, avec le succès que l'on connaît pour deux d'entre elles, le Bitcoin et Ethereum. Or, entre 2018 et 2022, la quantité annuelle d'électricité consommée provenant des crypto-actifs mondiaux a augmenté de façon importante. En août 2022, les estimations publiées de la consommation mondiale totale d'électricité liée aux actifs cryptographiques situaient celle-ci entre 120 et 240 milliards de kilowattheures par an, des volumes qui dépassent la consommation annuelle totale d'électricité de pays comme l'Argentine ou l'Australie. Cela représente de 0,4 à 0,9 % de la consommation d'électricité mondiale annuelle et est comparable à la consommation d'électricité annuelle de tous les *data centers* dans le monde. Cette consommation est principalement due aux activités de minage (qui servent à établir un consensus entre les acteurs) recourant à la méthode dite de « Preuve de travail » (PoW), celle utilisée en particulier pour le Bitcoin.

En ce sens, la *blockchain*, technologie cœur du Bitcoin, est très contributrice aux émissions de gaz à effet de serre. Heureusement, il existe d'autres mécanismes de consensus bien moins consommateurs d'énergie, comme le mécanisme de « Preuve de participation » (PoS), qui est utilisé par Ethereum.

D'un autre côté, les nouveaux services qu'offre la *blockchain* sont particulièrement attractifs pour combattre le réchauffement climatique.

Ainsi, la *blockchain* peut faciliter les échanges entre les producteurs des énergies qui sont difficiles à stocker. Elle est également très adaptée pour aider à la création d'infrastructures décentralisées et distribuées, tout en garantissant l'origine de l'énergie grâce à ses propriétés de traçabilité, et renforçant ainsi la confiance des consommateurs dans la provenance réelle de l'énergie qu'ils consomment.

Ainsi, grâce à la *blockchain*, un processus de collaboration entre les États devrait devenir possible pour élaborer des normes de performance environnementale efficaces et fondées sur des preuves.

Les origines

Stuart Haber et W. Scott Stornetta ont imaginé, dès 1991, ce que beaucoup de gens ont appris à connaître comme étant la *blockchain*. Leur premier travail a consisté à concevoir une chaîne de blocs cryptographiquement sécurisée (*via* une fonction de hachage¹ utilisant des algorithmes à clé publique), dont personne ne pouvait altérer l'horodatage des documents. En 1992, ils ont mis à jour leur système pour incorporer la technologie des arbres de Merkle² qui en a amélioré

l'efficacité, permettant ainsi la collecte d'un plus grand nombre de documents sur un seul bloc. Cette technologie de la *blockchain*, dite *blockchain* privée, repose sur le fait qu'il existe une entité centralisatrice qui joue le rôle de notaire des transactions effectuées. Cela pose la question de la confiance que l'on accorde à cette entité centralisatrice.

Cependant, ce n'est qu'en 2008 que l'histoire de la *blockchain* commence à être pertinente, grâce au travail de Satoshi Nakamoto³, qui « invente » la *blockchain* publique, dont la particularité est de ne

¹ Voir https://fr.wikipedia.org/wiki/Fonction_de_hachage

² Voir https://fr.wikipedia.org/wiki/Arbre_de_Merkle

³ Pseudonyme de la personne ou du groupe ayant développé la cryptomonnaie Bitcoin.

plus reposer sur une entité centralisatrice, mais sur un consensus d'acteurs décentralisés. Il développe ainsi le Bitcoin, la première application de la « technologie du grand livre numérique », dont on connaît depuis le succès. En 2009, il publie le premier livre blanc portant sur cette technologie, dans lequel il fournit des détails sur la façon dont la technologie pourrait améliorer la confiance numérique grâce à son aspect décentralisé, ce qui signifiait que personne ne pourrait jamais avoir le contrôle de quoi que ce soit.

Depuis que Satoshi Nakamoto s'est retiré de la scène et a confié le développement de Bitcoin à d'autres développeurs, la technologie est devenue de plus en plus complexe. La technologie du grand livre numérique a ainsi évolué, donnant lieu à de nouvelles applications qui constituent autant de jalons de l'histoire de la *blockchain*.

Après le Bitcoin, d'autres applications *blockchain* ont vu le jour, en particulier la cryptomonnaie Ethereum créée par Vitalik Buterin.

Ethereum est né en 2013, se présentant comme une nouvelle *blockchain* publique avec des fonctionnalités supplémentaires par rapport au Bitcoin. En particulier, elle dispose d'une fonction qui permet aux gens d'enregistrer d'autres actifs, tels que des contrats.

Depuis 2018, de nouveaux projets ont cherché à répondre à certaines insuffisances du Bitcoin et de l'Ethereum, tout en proposant de nouvelles fonctionnalités exploitant les capacités de la *blockchain*. Ainsi, Hyperledger, Monero, Zcash et Dash (pour ne citer que quelques-unes des *blockchains* d'un écosystème qui ne cesse de croître) sont apparus comme un moyen de résoudre certains des problèmes de sécurité et d'évolutivité associés aux premières applications de la *blockchain*.

Propriétés de la *blockchain*

Multi-centralisation

D'un point de vue architectural, la *blockchain* est basée sur un réseau P2P⁴. Par conséquent, la *blockchain* est une architecture multi-centralisée. L'endommagement ou la perte d'un nœud n'affecteront pas le fonctionnement de l'ensemble du système. Le système fait donc preuve d'une excellente robustesse.

En termes de stockage, la *blockchain* est une technologie de type distribué. Les données sont distribuées et stockées dans tous les nœuds, ce qui contribue à ce qu'un consensus soit atteint. Il n'y a pas de centre unique qui détienne ce droit de stockage. Par conséquent, la *blockchain* est également un dispositif de stockage multicentrique.

En termes de gouvernance, la *blockchain* n'a pas d'organisation ou d'institution centralisées, et les droits et obligations sont égaux entre tous les nœuds. La *blockchain* empêche qu'une ou plusieurs personnes,

quelles qu'elles soient, puissent contrôler l'ensemble du système, et ce grâce à un mécanisme de consensus ; la gouvernance de la *blockchain* est donc décentralisée ou multcentralisée.

Inviolabilité, traçabilité et transparence

Les activités d'échange d'informations peuvent être interrogées et tracées. Ce système de gestion des données, totalement transparent, fournit des raccourcis de suivi fiables pour des opérations telles que les processus de transactions énergétiques, le suivi logistique, les registres d'achat, le processus d'utilisation et l'audit.

Le système *blockchain* est ouvert et transparent. Hormis le cryptage des informations privées des parties à la transaction, les données sont transparentes pour l'ensemble des nœuds du réseau. Toute personne ou tout nœud participant peut interroger les enregistrements de données de la *blockchain* ou développer des applications connexes par le biais de l'interface publique. C'est le fondement de la fiabilité du système *blockchain*.

Haute fiabilité

D'un point de vue technique, l'essence de la *blockchain* est une base de données et un système informatique distribués.

Grâce à la forme distribuée du stockage des données, chaque nœud participant au réseau *blockchain* peut obtenir une copie de la base de données complète. Par conséquent, plus le nombre de nœuds participant au système est élevé, et plus la puissance de calcul est forte, et donc plus la sécurité des données du système est élevée.

Cette base de données fondée sur la technologie *blockchain* devrait, à l'avenir, donner naissance à plusieurs bases de données géantes au niveau mondial. Tous les échanges de valeurs liées à l'activité humaine (y compris l'inscription dans la base, l'ouverture de comptes, les paiements, les transactions, les compensations, etc.) peuvent être réalisés dans ces bases de données. Le modèle économique est, de fait, hautement extensible et inclusif.

Les problèmes que posent les crypto-actifs en matière de consommation énergétique

De 2018 à 2022, la consommation annualisée d'électricité des crypto-actifs mondiaux a connu une croissance rapide, les estimations de l'utilisation de l'électricité ayant conclu à un doublement ou à un quadruplement selon les sources. En août 2022, les estimations publiées de la consommation mondiale totale d'électricité liée aux crypto-actifs situaient celle-ci entre 120 et 240 milliards de kilowattheures par an, des volumes qui dépassent la consommation annuelle totale d'électricité de pays comme l'Argentine ou l'Australie. Cela représente de 0,4 à 0,9 % de la consommation mondiale annuelle d'électricité et est comparable à la consomma-

⁴ <https://fr.wikipedia.org/wiki/Pair-%C3%A0-pair>

tion annuelle d'électricité de tous les centres de traitement de données classiques (c'est-à-dire sans crypto-actifs) dans le monde.

Les États-Unis accueillent environ un tiers des opérations mondiales concernant les crypto-actifs, lesquelles représentent actuellement entre 0,9 et 1,7 % de la consommation totale d'électricité de ce pays. Cette fourchette de consommation d'électricité est, à l'échelle du pays, similaire à celle de tous les ordinateurs domestiques ou à celle de tout l'éclairage résidentiel.

L'extraction des crypto-actifs est également une activité très mobile. La part des États-Unis dans le minage mondial du Bitcoin, le plus grand des crypto-actifs, est passée de 3,5 % en 2020 à 38 % en 2022 (après que la Chine a pris des mesures interdisant cette activité sur son territoire). Ainsi, la consommation d'électricité américaine pour le minage de crypto-actifs, bien qu'encore relativement faible, a triplé depuis janvier 2021.

Aux États-Unis, le Texas, qui dispose de beaucoup de foncier disponible, d'une électricité bon marché et d'une régulation favorable, est le lieu idéal pour l'extraction des crypto-actifs, une opération qui utilise environ 3 % de la demande locale d'électricité de pointe. Au cours de la prochaine décennie, cet État pourrait connaître une nouvelle hausse de la demande d'électricité de 25 GW en lien avec cette opération d'extraction, ce qui équivaldrait à un tiers de la demande actuelle d'électricité de pointe au Texas.

La demande future en électricité liée aux opérations concernant les crypto-actifs est incertaine. La consommation d'électricité peut changer selon que les mineurs de crypto-actifs augmentent ou réduisent leur activité en fonction des fluctuations de la valeur du marché, ou lorsqu'ils adoptent de nouveaux équipements ou de nouvelles technologies. La consommation mondiale annualisée d'électricité pour les crypto-actifs a augmenté de plus de 67 % entre juillet 2021 et janvier 2022, avant de diminuer de 17 % à partir d'août 2022.

Il est donc d'une importance capitale qu'une énergie propre alimente cette demande d'une nouvelle électrification.

La consommation d'électricité varie considérablement selon les différentes technologies de crypto-actifs

La quasi-totalité de l'utilisation des crypto-actifs et des *blockchains* publiques repose sur des mécanismes de consensus.

Le mécanisme le plus connu est celui utilisé par le Bitcoin, le mécanisme dit de « Preuve de travail » (PoW en anglais, pour "Proof of Work"). Il a la particularité d'être très consommateur d'énergie et, surtout, de nécessiter de plus en plus de puissance de calcul au fur et à mesure que davantage d'entités tentent de valider les transactions pour obtenir des récompenses. C'est une caractéristique clé, en tant qu'elle a vocation à dissuader les acteurs malveillants d'attaquer le réseau.

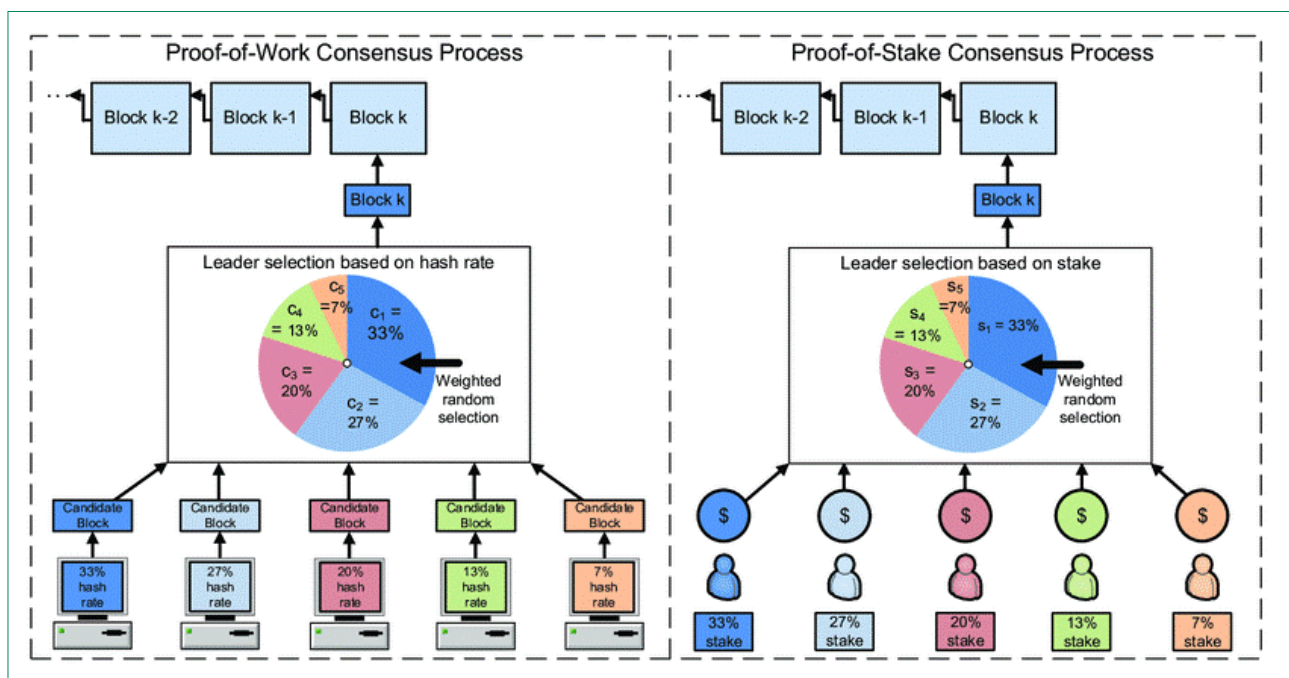


Figure 1 : Les mécanismes PoW et PoS – Source : *Proof-of-Stake Consensus Mechanisms for Future Blockchain Networks: Fundamentals, Applications and Opportunities*, IEEE, June 2019, DOI:10.1109/ACCESS.2019.2925010, <http://dx.doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2925010>

Différences entre le PoW et le PoS

Preuve de travail (PoW)

Dans le cas du PoW, les participants sont en compétition les uns avec les autres dans le but d'être le premier à trouver le bon résultat d'un problème posé par le système, ce qui suppose d'essayer différentes combinaisons avant de trouver la solution. La réalisation de ce calcul entraîne une grande consommation d'énergie pour les *blockchains* utilisant des mécanismes de consensus de type PoW, car les participants essaient d'augmenter leurs chances en multipliant les calculs réalisés en parallèle, ce qui accroît la consommation d'énergie associée.

En pratique, on constate que des acteurs, par stratégie, rejoignent souvent des pools rassemblant d'autres mineurs pour avoir plus de chances d'obtenir des revenus en effectuant des calculs en parallèle. Un pool minier est composé de participants qui souhaitent collaborer en apportant chacun leurs ressources informatiques. De cette façon, les tâches minières seront distribuées entre les différents mineurs. Et en raison de l'importance des ressources informatiques mobilisées, les pools miniers ont souvent plus de chances de gagner un nouveau bloc que les individus isolés.

Plus le temps passe, et plus les solutions sont difficiles à trouver, et cela demande une plus grande puissance de calcul et donc plus d'énergie. Le mécanisme PoW est au fil du temps de plus en plus consommateur de ressources.

Un point positif cependant : comme le mécanisme PoW est conçu pour nécessiter davantage de puissance de calcul au fur et à mesure que davantage d'entités tentent de valider les transactions pour obtenir des récompenses en cryptomonnaie, il contribue du fait de cette logique du nombre à dissuader les acteurs malveillants d'attaquer le réseau.

Preuve de participation (PoS)

Avec ce mécanisme de recherche de consensus, dit de « Preuve de participation », les participants dont « l'âge des pièces » est le plus élevé, c'est-à-dire le volume des jetons du réseau qu'ils possèdent et la durée de leur détention, ont le plus de chance d'être sélectionnés comme valideurs^a.

Avec ce processus de sélection du leader basé sur les enjeux, la chance d'un nœud d'être sélectionné en tant que leader ne dépend plus de sa puissance de calcul. La consommation d'énergie associée aux mécanismes de PoS est donc considérablement réduite par rapport à celle des PoW. De plus, puisqu'un seul bloc est créé à chaque tour dans le cas des mécanismes de type PoS, les vitesses de génération des blocs et de confirmation des transactions sont généralement beaucoup plus élevées que dans un modèle de type PoW.

^a C'est un procédé qui permet, *in fine*, à quelqu'un de démontrer son implication dans un système crypto-économique.

Comme Ethereum et Bitcoin sont aujourd'hui les cryptomonnaies dominantes (elles représentent plus de 60 % de la capitalisation totale du marché des crypto-actifs), leur impact sur la consommation d'électricité est donc majeur. En août 2022, le Bitcoin représentait près de 70 % de la consommation électrique totale des crypto-actifs dans le monde.

Il existe d'autres mécanismes de consensus moins gourmands en énergie. L'un d'eux est appelé la « Preuve de participation » ("Proof on Stake"). En septembre 2022, Ethereum a fait le choix de basculer sur ce mode pour réduire son empreinte énergétique lors d'une opération appelée « The Merge ».

En reprenant l'exemple des États-Unis, on estime que les activités liées aux crypto-actifs correspondent à environ 25 à 50 Mt de CO₂/an, soit 0,4 à 0,8 % des émissions totales de GES de ce pays, ce qui est d'un

niveau similaire aux émissions provenant du carburant diesel utilisé dans les chemins de fer américains !

Les émissions de GES provenant de l'utilisation de l'électricité varient selon les régions des États-Unis ; certaines régions dépendent davantage des combustibles fossiles à forte intensité en carbone, tandis que d'autres ont davantage recours aux sources d'énergie nucléaire ou renouvelable. En plus de l'électricité achetée sur le réseau, les opérations d'extraction des crypto-actifs ont également des répercussions au plan local au niveau du bruit, de l'eau, des déchets électroniques, de la pollution de l'air et autres pollutions liées à l'utilisation directe de l'électricité d'origine fossile. S'y ajoutent des répercussions supplémentaires en matière de qualité de l'air, de l'eau et de déchets liées à l'utilisation de l'électricité du réseau. Ces impacts locaux peuvent exacerber les problèmes en termes de

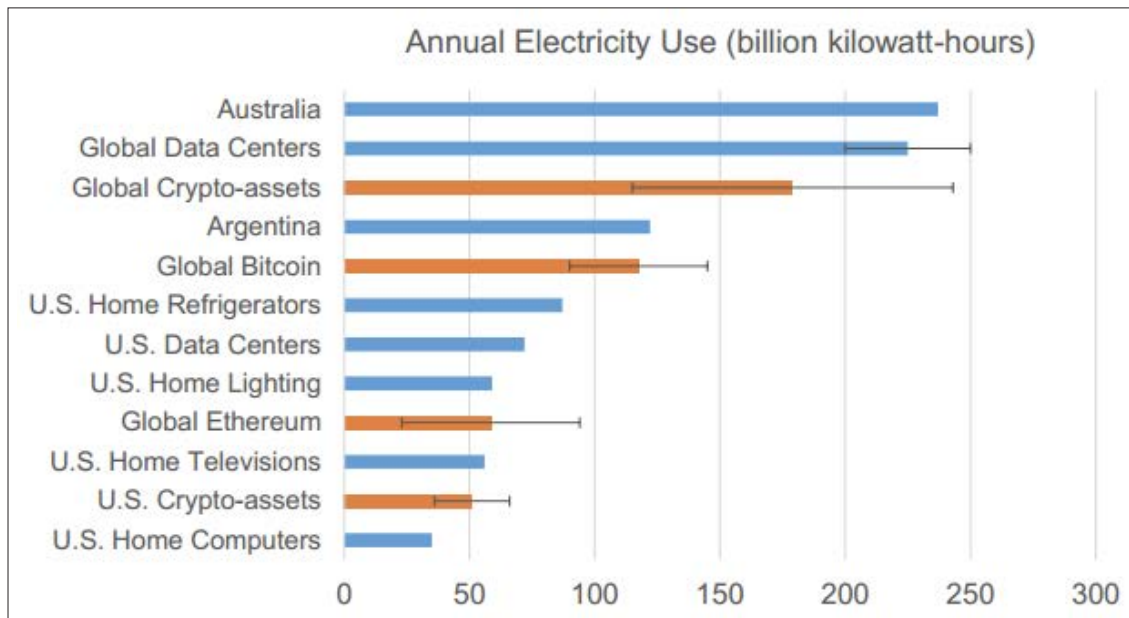


Figure 2 : Comparaison de la consommation annuelle d'électricité de plusieurs pays avec les meilleures estimations de cette consommation pour certains crypto-actifs, à partir d'août 2022 (les barres maigres représentent la marge d'erreur de l'estimation des valeurs pour certains consommateurs) – Source : The White House.

justice environnementale pour les communautés mal desservies.

Aux États-Unis, certains considèrent qu'une action du gouvernement fédéral est nécessaire pour encourager et assurer un développement responsable. Il s'agit notamment de minorer la consommation d'énergie lors du minage et d'utiliser de l'électricité propre. La recherche portant sur les actifs numériques, qui met l'accent sur les innovations que représentent les technologies de nouvelle génération, peut aider à faire progresser les objectifs des États-Unis en matière de sécurité, de confidentialité, d'équité, de résilience et de climat.

À l'instar de ce que proposent les États-Unis, la politique en matière de crypto-actifs à mettre en œuvre dans le cadre de la transition vers les énergies propres devrait être axée sur plusieurs objectifs :

- réduire les émissions de GES ;
- éviter les opérations qui augmentent le coût de l'électricité pour les consommateurs ;
- se dispenser des opérations qui réduiraient la fiabilité des réseaux électriques ;
- prévenir les impacts négatifs sur les communautés et l'environnement au niveau local.

L'idée serait de lancer un processus de collaboration entre les États, les communautés, l'industrie des crypto-actifs et d'autres acteurs pour développer des normes de performance environnementale efficaces et fondées sur des preuves pour encadrer la conception, le développement et l'utilisation responsables des technologies de crypto-actifs respectueuses de l'environnement.

Ces normes devraient inclure des règles prônant de très faibles intensités énergétiques, une faible consommation d'eau, de faibles nuisances sonores ou encore

l'utilisation d'une énergie propre par les opérateurs. Des normes qui doivent se renforcer au fil du temps pour assurer une production supplémentaire sans carbone équivalente, voire supérieure à la charge électrique correspondant aux nouvelles installations.

Il est possible également d'envisager une législation visant à limiter ou à éliminer l'utilisation de mécanismes de consensus à haute intensité énergétique pour l'extraction de crypto-actifs.

La technologie *blockchain* en soutien de l'atténuation du réchauffement climatique

La *blockchain* pourrait faciliter les échanges entre les acteurs producteurs d'énergies difficilement stockables

La technologie *blockchain* se prête particulièrement bien à la création d'infrastructures distribuées et décentralisées. Elle permet de mettre en place une gestion de l'énergie en P2P.

Cette technologie appliquée à l'énergie recouvre une multitude d'enjeux :

Garantir l'origine de l'énergie

La *blockchain* permet de certifier l'origine de l'énergie. Cela permet de distinguer l'énergie propre de l'énergie polluante et/ou non renouvelable. Les utilisateurs y sont de plus en plus vigilants dans leur consommation. Cette technologie peut permettre de s'assurer une consommation 100 % renouvelable si la production le permet. Il s'agit d'un point essentiel pour le développement et la gestion du mix énergétique futur.

Désintermédiaire et automatiser

Les *smart contracts* peuvent servir dans la gestion autonome de la distribution d'énergie au sein d'un réseau. On peut imaginer que ces *smart contracts* couplés aux *smart grids* permettent de gérer le réseau en optimisant la production et le stockage de l'électricité en fonction des besoins effectifs et prévisionnels. Avec une telle architecture, des unités de production peuvent en remplacer d'autres. Cela est primordial pour le développement des énergies renouvelables (EnR), mais aussi pour compenser l'intermittence de la production de certaines d'entre elles.

Inciter à la production d'énergie renouvelable

La *blockchain* peut être un moyen de stocker de la valeur et de récompenser certains comportements.

Le SolarCoin est une cryptomonnaie visant à promouvoir la production d'électricité photovoltaïque. La production d'un mégawattheure d'électricité au moyen de panneaux photovoltaïques donne le droit à 1 SolarCoin (SLR). Le but est de rétribuer 97 500 TWh d'électricité photovoltaïque sur quarante ans. Plusieurs fournisseurs français d'EnR acceptent le SolarCoin en tant que bon de réduction pour le paiement des factures.

Plus globalement, la *blockchain* peut être une solution très pertinente pour la création d'écosystèmes de production, de transfert et de répartition de l'énergie. La décentralisation permise par cette technologie est adaptée à la production d'énergie renouvelable.

Selon Bloomberg, « l'énergie éolienne et solaire devrait atteindre près de 50 % de la capacité de production mondiale d'électricité d'ici à 2050 ». La Banque mondiale et la Société financière internationale (SFI) estiment à près de 23 000 milliards de dollars les opportunités d'investissements intelligents sur le plan climatique dans les marchés émergents d'ici à 2030.

Un déploiement plus important des technologies énergétiques propres, notamment l'éolien et le solaire, se prête à la décentralisation, mais favorise aussi l'intermittence. Cette tendance rend nécessaire la mise en place de nouvelles structures de marché et l'élabora-

tion d'un plan d'action afin que les marchés de l'énergie puissent fonctionner efficacement.

Les principales caractéristiques de la technologie *blockchain*, telles qu'une piste d'audit immuable des transactions, un transfert de valeurs bon marché et sans frontière et l'exécution automatisée des contrats, peuvent aider à relever les défis de la mise en œuvre de l'action climatique. Plus précisément, cette technologie peut agir comme un mécanisme de transparence qui incite à réduire les émissions et peut fournir une infrastructure décentralisée pour permettre l'émergence de nouveaux modèles commerciaux en matière de financement du climat et de production d'une énergie propre.

La blockchain pour aider à la gouvernance climatique

À ce jour, les données nationales sur les émissions de GES disponibles dans la plupart des pays en développement proviennent de sources peu nombreuses et souvent incohérentes. Il n'existe donc que des estimations nationales approximatives.

L'Accord de Paris exige de tous ses signataires qu'ils fournissent des données précises et solides sur leurs émissions de GES, qu'ils valident les hypothèses concernant les scénarios d'émissions de référence actuels, qu'ils accroissent leurs ambitions au fil du temps et qu'ils suivent les progrès accomplis dans la réalisation de leurs engagements nationaux en matière de climat. Le transfert international de ces résultats d'atténuation nécessite une comptabilité solide pour garantir l'intégrité et la transparence environnementales.

La *blockchain* constitue un grand livre transparent qui permet de suivre efficacement les dons versés en faveur des causes climatiques. Avec la *blockchain*, les gouvernements et les groupes de surveillance peuvent facilement s'assurer que l'argent est bien utilisé pour financer efficacement les projets de technologies climatiques. Les gouvernements sont connus pour ne pas toujours assumer leurs responsabilités, la *blockchain* peut contribuer à résoudre ce problème.

La blockchain comme facilitateur du financement contre le réchauffement climatique

La réalisation des objectifs de l'Accord de Paris nécessitera des investissements considérables. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) estime à 3 500 milliards de dollars la moyenne annuelle des investissements dans le secteur de l'énergie au niveau mondial, jusqu'en 2050.

Dans le cadre de l'Accord de Paris, les pays développés s'étaient déjà engagés à mobiliser 100 milliards de dollars par an (sur la période 2016-2020) pour aider les pays en développement en matière de financement climatique. Malgré ces contributions, un énorme déficit de financement persiste ; sur ce point, l'investissement privé est considéré comme un contributeur clé.

L'une des options possibles consiste à mobiliser des financements privés en mettant en place des structures

La place de marché SunContract

Cette place de marché offre une grande variété de fonctionnalités qui en font un lieu idéal pour acheter et vendre des énergies renouvelables. La plateforme SunContract, localisée en Slovaquie, compte aujourd'hui plus de 5 000 clients enregistrés dans l'UE. Ces derniers peuvent acheter et vendre de l'énergie directement entre eux, sans intermédiaire. Les activités de partage d'énergie réalisées sur cette place de marché sont toutes conformes aux cadres définis par les législations existantes.

incitatives appropriées (par exemple, des marchés du carbone) pour que les entreprises et les industries passent à des technologies à faible émission de carbone. Une autre option consiste à faciliter les investissements dans des projets rentables à faible intensité de carbone (par exemple, par le biais d'obligations vertes ou du *crowdfunding*), qui sont actuellement inhibés par des coûts de friction élevés et des mécanismes de responsabilité peu développés.

Dans les deux cas, la *blockchain* peut aider. Ainsi, ElectricChain est une plateforme de *blockchain* utilisant une application et qui, comme SolarCoin, vise à encourager le déploiement des installations solaires dans le monde entier.

Lorsque l'on fait un don à une organisation caritative environnementale, il peut être difficile de savoir où va l'argent et comment il est dépensé. La bureaucratie, la corruption et l'inefficacité sont des dérives encore courantes dans le secteur caritatif.

La technologie *blockchain* peut garantir que l'argent destiné à être une récompense pour une action en faveur de la conservation de la biodiversité ou correspondant à un don pour une cause spécifique, ne finisse pas dans des poches indécrites au travers des labyrinthes bureaucratiques. L'argent basé sur la *blockchain* pourrait même être libéré automatiquement au profit des bonnes parties en réponse à la réalisation par celles-ci d'objectifs environnementaux spécifiques.

À titre d'exemple, Bitgive et Bithope sont deux organisations caritatives qui travaillent avec des cryptomonnaies.

La blockchain pour aider au suivi comptable et au renforcement de la crédibilité d'une taxe carbone

Les comptabilités nationales des réductions des émissions de gaz à effet de serre, reliées par un grand livre enregistrant les transferts internationaux de ces réductions, permettent d'assurer la transparence au niveau de la responsabilité de tous les acteurs. De même, les flux financiers peuvent provenir de n'importe qui et de n'importe où dans le monde, être dirigés vers des projets spécifiques dans des conditions prédéfinies, et avec une documentation infalsifiable de chaque transaction.

Dans le système actuel, l'impact environnemental de chaque produit est difficile à déterminer, son empreinte carbone n'est donc pas prise en compte dans son prix. Cela signifie que les consommateurs sont peu incités à acheter des produits à faible empreinte carbone et que les entreprises ne sont pas plus encouragées à vendre de tels produits.

Le suivi de l'empreinte carbone de chaque produit à l'aide de la *blockchain* protégerait les données correspondantes de toute falsification et pourrait être utilisé pour déterminer le montant de la taxe carbone à appliquer au produit considéré. Si un produit à forte empreinte carbone est plus cher à l'achat, cela incite, d'une part, les acheteurs à acquérir des produits plus respectueux de l'environnement et, d'autre part, les

entreprises à restructurer leurs chaînes d'approvisionnement pour répondre à la demande de tels produits.

Un système de réputation basé sur la *blockchain* pourrait également attribuer à chaque entreprise et à chaque produit une note basée sur le carbone. Cela rendrait la fabrication plus transparente et découragerait le gaspillage et les pratiques peu respectueuses de l'environnement.

La blockchain comme un facilitateur de la gestion de la chaîne d'approvisionnement

La plupart des gens veulent acheter des produits fabriqués de façon éthique, mais ce type d'information est souvent indisponible et difficile à vérifier. Un produit passe par de nombreuses mains avant d'arriver en magasin. Il est très facile pour les entreprises de mentir sur la façon dont leurs produits sont fabriqués, sur les matériaux et les produits chimiques qu'elles utilisent, sur l'endroit où elles déversent leurs déchets ou sur l'équité avec laquelle elles traitent leurs employés.

Les *blockchains* peuvent être utilisées pour suivre les produits depuis le site du fabricant jusqu'à l'étagère du magasin et contribuer à prévenir le gaspillage, l'inefficacité, la fraude et les pratiques contraires à l'éthique, et ce en rendant les chaînes d'approvisionnement plus transparentes. Elles peuvent également aider les consommateurs à être mieux informés de la façon dont chaque produit a été fabriqué et expédié, afin qu'ils puissent faire des choix plus respectueux de l'environnement.

Si, par exemple, les aliments sont tracés, cela permettrait aux acheteurs de se tourner vers des produits locaux, en sachant que ceux-ci ont été, pour certains, cultivés à proximité de chez eux. Cela permettrait également de réduire les émissions de carbone, les aliments n'ayant pas à parcourir de longues distances. Les chaînes de blocs pourraient également garantir qu'un poisson vendu sur un marché aux poissons est réellement issu d'une pêche durable ou permettre de vérifier qu'un sac de café provient réellement d'un producteur du commerce équitable.