

Comment mettre la *Blockchain* au service de la mise en œuvre de l'Accord de Paris sur le climat

Par Patrice GEOFFRON

Université Paris-Dauphine, PSL, Laboratoire d'Économie de Dauphine (LEDA) UMR-CNRS-IRD
et Stéphane VOISIN
Institut Louis Bachelier, PSL

Les technologies de *Blockchain* permettent le stockage et la transmission d'informations, de manière transparente et sécurisée et sans l'intervention d'un organe central de contrôle. Le champ d'expérimentation de ces technologies est vaste, notamment leur mobilisation au service de la lutte contre le changement climatique. Dans ce contexte, nous discutons dans cet article le potentiel de ces technologies pour accélérer la mise en œuvre de l'Accord de Paris sur le climat, en tant qu'elles peuvent permettre de créer de la transparence et d'accroître la vérifiabilité des données relatives aux émissions de gaz à effet de serre et l'interopérabilité d'initiatives prises localement dans ce domaine. Nous présentons, dans ce cadre, un « prototype » de registre du carbone basé sur la *Blockchain* et développé en partenariat avec la Caisse des Dépôts, ainsi qu'avec la coalition des initiatives de *Blockchain* climatique (Climate Chain Coalition), soutenue par l'ONU Climat, et que nous avons concouru à initier durant le One Planet Summit qui s'est tenu à Paris, en décembre 2017.

Depuis une dizaine d'années, le paysage fiduciaire s'est enrichi de monnaies qualifiées de « crypto », au premier rang desquelles figure le Bitcoin. Né en 2008, à l'amorce d'une grande crise qui allait fissurer la confiance dans les institutions financières, ces monnaies (Ethereum, Ripple, Litecoin, IOTA, et bien d'autres encore) se singularisent moins par leur virtualité (caractère assez banal dans le monde numérique), que par le fait qu'elles sont émises sans banque centrale, tout en étant interchangeables avec l'euro, le dollar, le yen...

Elles ont en commun de reposer sur la *Blockchain* qui est une « technologie de stockage et de transmission d'informations, [de manière] transparente et sécurisée, qui fonctionne sans organe central de contrôle » (selon *Blockchain France*)⁽¹⁾. En d'autres termes, la *Blockchain* constitue un grand registre largement « distribué » (c'est-à-dire dupliqué dans le réseau) : les transactions réalisées de pair-à-pair, sans intervention d'une autorité centrale ou d'un intermédiaire, sont compilées et empilées sous forme de blocs au sein du registre qui contient leur historique.

Les informations contenues dans les blocs (transactions, titres de propriété, contrats divers...) sont protégées par des procédés cryptographiques qui empêchent les utilisateurs de les modifier *a posteriori*. Ces chaînes sont « publiques » (accessibles pour tous) comme dans le cas de Bitcoin, « privées » (soumises à une autorisation préalable) ou bien encore organisées sous forme de « consortiums » (des groupements d'acteurs – des institutions financières, par exemple – qui définissent des règles et des finalités au sein d'un club fermé).

Notre objectif est, dans cet article, de présenter, au travers des nombreuses initiatives et expérimentations mobilisées au service de la transition énergétique, le potentiel de ces technologies pour accélérer la mise en œuvre de l'Accord de Paris sur le climat. Dans ce cadre, nous évoquerons un programme de recherche développé à cette fin⁽²⁾, lequel a notamment permis de mettre au point un « prototype » de registre du carbone basé sur la *Blockchain* (en partenariat avec la Caisse des Dépôts), et d'être, fin 2017, l'un des initiateurs de la coalition des initiatives de *Blockchain* climatique (Climate Chain Coalition), soutenue par l'ONU Climat.

(1) Plus largement, la *Blockchain* relève des Digital Ledger Technologies (technologies de registres digitaux).
(2) Au sein de l'Institut Louis Bachelier, PSL.

Instaurer la confiance sans intervention d'un « tiers » dédié : un vaste champ d'applications potentielles au service de la transition environnementale

Les applications potentielles de la *Blockchain* sont très vastes au regard des perspectives et de la diversité des sources de réduction des coûts de transaction et/ou d'amélioration de l'efficacité dans des domaines généralement administrés par des « tiers de confiance » : réserve de valeur, enregistrement et transfert d'actifs (financiers, propriété foncière, propriété industrielle ou intellectuelle...), garantie de traçabilité (*supply chains* dans le secteur de l'agroalimentaire, l'industrie pharmaceutique...), affichage de l'empreinte environnementale (dans les systèmes de transport), exécution automatique de contrats (dans l'assurance, notamment⁽³⁾), Internet des objets (dans l'espace domestique ou urbain)... Bien qu'aucun retour d'expérience ne permette, dès maintenant, d'évaluer la portée des cas d'usages ou des disruptions, la nécessité, *a minima*, d'adapter produits et processus pour des métiers traditionnellement structurés autour de tiers de confiance (banques, offices notariaux, offices de brevet...) n'est pas à exclure⁽⁴⁾.

Les systèmes énergétiques entrent également dans le champ des expérimentations. Des projets-pilotes sont en cours, notamment autour d'une production électrique décentralisée (à base de photovoltaïque) et échangée de pair-à-pair dans le voisinage (un écoquartier, une zone industrielle...). L'objectif est l'émergence de systèmes énergétiques dans lesquels les agents économiques concluent des contrats de fourniture d'énergie de manière automatisée et sans intermédiaire, favorisant ainsi des modes d'autoconsommation collective⁽⁵⁾.

Outre les processus de relevé des consommations et de facturation et les opérations de compensation, la *Blockchain* permet également de certifier l'origine verte de l'énergie échangée et d'en encourager le développement. Par exemple, la fondation SolarCoin⁽⁶⁾ vise à promouvoir la production d'électricité d'origine renouvelable et la constitution de micro-réseaux d'énergie distribuée en récompensant les producteurs d'électricité d'origine solaire par l'attribution de jetons de crypto-monnaie. De nombreux projets s'inscrivent dans des logiques de compensation carbone (Poseidon⁽⁷⁾, Climate Seeds⁽⁸⁾...), de lutte contre la déforestation (Gainforest⁽⁹⁾)... Soulignons enfin que l'usage de « *smart contracts* » peut également s'inscrire dans des logiques d'adaptation aux effets du changement climatique : par exemple, ils peuvent intervenir en tant que supports de services d'assurance paramétriques pour couvrir l'occurrence d'événements météorologiques extrêmes (par exemple, la survenue d'épisodes de gel dans la viticulture⁽¹⁰⁾).

Dans le cadre de la « transition énergétique », les usages de la *Blockchain* exigent de faire preuve de vigilance sur plusieurs points, au premier rang desquels figure la consommation électrique sous-jacente. Schématiquement, l'absence d'un tiers suppose de disposer d'un protocole de validation des informations insérées dans la chaîne qui permette d'établir la confiance. À cette fin, certains protocoles de validation des blocs (d'établissement du « consensus »)

requièrent une grande puissance de calcul informatique qui permet d'apporter une « *proof of work* » (preuve de travail), mais celle-ci induit une consommation électrique élevée : dans le cadre de ce type de protocole, des agents du réseau (dénommés « mineurs ») mobilisent leur puissance de calcul de façon à valider les blocs et sont rémunérés, en retour, en recevant une contrepartie en crypto-monnaie. Les besoins en énergie sont loin d'être négligeables, car ce mode de validation des blocs requiert toute une organisation industrielle reposant sur la constitution de fermes de serveurs destinées au minage⁽¹¹⁾. Certes, d'autres protocoles peuvent être envisagés, moins énergivores, comme la « *proof of stake* » (preuve d'enjeu) qui indexe la capacité de validation des blocs en fonction de la détention de la crypto-monnaie et non pas de la puissance de calcul. Ajoutons qu'une *Blockchain* privée ou de consortium dans laquelle les utilisateurs sont connus et autorisés n'a pas nécessairement besoin d'un protocole de consensus aussi exigeant (et basé sur la compétition entre les mineurs) que la « *proof of work* », de sorte que l'énergie requise est plus réduite. En pratique, même une *Blockchain* publique pourrait se satisfaire d'un protocole de validation sobre en puissance de calcul à la condition que les utilisateurs fussent connus. Quoi qu'il en soit, il est évident que, dès lors qu'il s'agit d'envisager le déploiement d'une *Blockchain* dans le cadre de la lutte contre le changement climatique, l'énergie nécessaire au dispositif doit être prise en compte (tant en termes de volume que d'empreinte carbone) dans l'analyse de la pertinence du celui-ci⁽¹²⁾.

(3) La *Blockchain*, outre des informations relatives à des transactions, peut intégrer des ordres automatiques sous la forme de « *smart contracts* » : insérés dans le code et donc inamovibles, ils permettent de déclencher automatiquement l'exécution de contrats d'assurance en fonction de la survenue d'événements prédéterminés (par exemple, des retards dans le transport aérien).

(4) La nature même de la *Blockchain* peut également menacer les champions du numérique, des intermédiaires puissants organisés en grandes plateformes et qui, dès lors, peuvent également être concernés par ce glissement vers la désintermédiation : sachant que la *Blockchain* connecte à faible coût des agents économiques de « pair-à-pair », ces derniers pourraient envisager d'échanger en direct ce qui fait aujourd'hui l'objet de transactions organisées par des plateformes.

(5) Un cadre d'autoconsommation collective valorise les complémentarités avec des participants (commerces, habitations...), dont les profils d'usages permettent d'échanger de l'énergie (généralement photovoltaïque), la *Blockchain* servant alors à tenir la « comptabilité » de ces échanges.

(6) <https://solarcoin.org>

(7) <https://poseidon.eco>

(8) <https://www.climateseed.com>

(9) <https://gainforest.org>

(10) Le projet « Gel et vignes » conduit par Atos et les instituts techniques agricoles (Acta), est un projet qui vise à simplifier le processus d'indemnisation : un *smart contract* est associé à une application mobile qui permet au viticulteur d'envoyer à son assureur une photo des dégâts occasionnés par le gel (en complément de données fournies par Météo France) et de bénéficier ainsi d'une indemnisation très rapide.

(11) En 2019, la consommation électrique de Bitcoin (de l'ordre de 50 TWh) équivaudra à celle de la ville de Singapour.

(12) La consommation énergétique n'est pas le seul sujet d'attention. Le passage à l'échelle constitue également un enjeu : la réplication du registre sur les différents nœuds du réseau peut induire un nombre limité de transactions insérées dans un bloc en un temps donné (7 transactions par seconde pour le Bitcoin, contre 2 000 par seconde pour le réseau VISA).

Des vertus de la *Blockchain* bien adaptées à la logique sous-jacente à l'Accord de Paris

Au-delà des expérimentations qui viennent d'être évoquées, il convient d'examiner la manière dont la *Blockchain* pourrait accompagner la mise en œuvre de l'Accord de Paris, qui constitue un nouveau cadre de la lutte contre le changement climatique. Une telle interrogation, susceptible d'apparaître comme singulière en première analyse (en présence d'un accord qui lie des États), est en fait assez logique au regard des principes essentiels sur lesquels repose cet Accord.

L'élément essentiel est que les États, parties à l'Accord de Paris, doivent communiquer leurs INCD (*Intentionally Determined Contributions* – contributions volontaires nationales), conformément à son article 4. Cette logique d'engagements volontaires, synonyme d'absence de caractère contraignant, rend absolument indispensable l'existence d'un dispositif crédible de vérification des réalisations : les informations fournies par les États au regard de leurs engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre doivent l'être en suivant des démarches transparentes et être insérées dans un système fiable de comptabilisation : il s'agit du processus de MRV (*measurement, reporting and verification*)⁽¹³⁾. En outre, en raison du transfert, à partir de 2020, de près de 100 milliards par an à destination des pays les plus fragiles, comme prévu dans l'Accord, est également nécessaire un suivi des effets de ces flux financiers. Comme ces financements sont destinés à des États ne disposant pas toujours des moyens adaptés pour crédibiliser leurs MRV, un vide institutionnel doit être comblé.

Quel concours peut apporter la *Blockchain* dans ce nouveau cadre stratégique de la lutte contre le changement climatique ? Dès lors que la réussite de l'Accord de Paris est subordonnée à des objectifs de traçabilité, la mise à disposition *via* la *Blockchain* de registres distribués, fiables et infalsifiables présente évidemment un grand intérêt pour crédibiliser les MRV. Par exemple, SouthPole, la IXO Foundation et Gold Standard développent une application *Blockchain*, dont l'objectif est de rationaliser et d'accélérer les procédés de vérification des données fournies pour améliorer la gestion des inventaires de gaz à effet de serre et la génération de crédits carbone⁽¹⁴⁾. Les coûts du MRV peuvent être réduits potentiellement de 90 % par rapport aux procédures usuelles. Un autre intérêt de la *Blockchain* sera de faire émerger des normes de MRV, ubiquitaires et faisant consensus, depuis le bas vers le haut. Car une autre caractéristique essentielle de l'Accord de Paris (contrairement à la logique du protocole de Kyoto) est d'encourager l'engagement d'acteurs non étatiques (villes, régions, ONG, entreprises...), de sorte que la réussite de la stratégie procédera, plus qu'auparavant, d'une dynamique de type « *bottom-up* », dont le *Blockchain* sera un des leviers essentiels.

C'est dans ce contexte que nous avons développé un partenariat avec la Caisse des Dépôts, dont la mission est de gérer le registre français des émissions de gaz à

effet de serre (dans le cadre du marché européen de permis d'émission, l'EU-ETS). L'objectif était de développer un « prototype » permettant de tester la capacité de la *Blockchain* à fournir une infrastructure efficace et peu coûteuse pour accélérer la diffusion des registres du carbone, en particulier ceux des pays en développement. Ce « prototype » a été élaboré en amont de la COP23 et permet de tester une infrastructure pilote de *Blockchain* administrée (sous Ethereum) de manière privée⁽¹⁵⁾. L'ambition de ce prototype est non seulement de montrer qu'il est possible de répliquer, au travers d'une *Blockchain*, les fonctionnalités d'un grand registre européen, mais également de suggérer la possibilité du déploiement d'initiatives au plan local et d'assurer leur interopérabilité.

Une coalition d'acteurs des *Blockchains* climatiques soutenue par l'ONU Climat

Face à cet impératif de coordonner les initiatives de *Blockchains* climatiques, nous avons été à l'initiative de la constitution d'une coalition à l'issue de la COP 23⁽¹⁶⁾, lors du One Planet Summit qui s'est tenu à Paris, le 12 décembre 2017. Cette Climate Chain Coalition (CCC)⁽¹⁷⁾ est soutenue par l'ONU (l'UNFCC en charge des actions onusiennes dans le cadre de la lutte contre le changement climatique) qui voit dans ces technologies de multiples vertus. Elles sont capables :

- « de renforcer le suivi, la notification et la vérification des impacts de l'action climatique,
- d'améliorer la transparence, la traçabilité et la rentabilité de l'action climatique,
- de renforcer la confiance entre les acteurs du climat,
- de rendre les mécanismes d'incitation à l'action climatique accessibles aux plus pauvres,
- de soutenir la mobilisation en faveur de la finance verte. »⁽¹⁸⁾

Cette Climate Chain Coalition, qui regroupe plus d'une centaine d'initiatives privées et publiques, a pour objectif de faire progresser la collaboration entre ses différents membres en les faisant travailler sur des questions d'intérêt commun, d'aider à l'amélioration de l'intégrité

(13) Le MRV s'articule autour de trois tâches : la mesure et la collecte des données et informations sur les émissions, les actions et le soutien (transferts financiers, de connaissances entre les parties) à la réduction des émissions ; le rapport des informations collectées dans des formats normalisés afin de les rendre accessibles et comparables ; la vérification régulière de l'exactitude, de la qualité et de la conformité aux normes et aux processus en vigueur des informations rapportées par des examinateurs certifiés, pour dresser des bilans et tirer des enseignements des procédures.

(14) <https://medium.com/ixo-blog/south-pole-ixo-foundation-and-gold-standard-develop-blockchain-application-for-carbon-credit-b80a484be3ca>

(15) Voir : <http://www.theclimatechain.org>

(16) L'Institut Louis Bachelier fait partie des co-fondateurs du projet, aux côtés de ClimateCHECK (Canada) et de Climate Ledger Initiative (Suisse).

(17) www.climatechaincoalition.io

(18) L'ONU soutient la technologie *Blockchain* pour l'action climatique, UNFCCC, 23 janvier 2018.

environnementale et des résultats de l'application des *Blockchains* œuvrant pour le climat, ainsi que de leurs effets en termes de développement. La Charte commune aux membres de la CCC énonce une dizaine de principes, parmi lesquels la recherche de standards communs ⁽¹⁹⁾, l'anticipation des risques frauduleux ⁽²⁰⁾ et la recherche de protocoles efficaces sur le plan énergétique et sobres en carbone ⁽²¹⁾.

L'objectif fondamental de la CCC coalition est de coordonner les multiples initiatives et cas d'usages locaux de *Blockchains* climatiques afin de favoriser leur cohérence et leur interopérabilité. Cette interopérabilité est essentielle, car la solution la plus efficace, et de loin la plus réaliste pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris, implique nécessairement la démultiplication des initiatives de terrain, en raison d'engagements étatiques revus à la baisse depuis la COP21 dans le prolongement du désengagement américain et de l'observation, en 2017 et 2018, d'un rebond des émissions mondiales de gaz à effet de serre. La conviction des membres de la coalition est que les écosystèmes qui s'assemblent patiemment présentent un avantage considérable par rapport aux solutions *top-down* : ils sont résilients. Une propriété vertueuse que l'économiste Bernard Lietaer ⁽²²⁾, un des artisans-fondateurs de l'Euro, s'est efforcé de démontrer dans le cadre des travaux qu'il a menés pour le compte du Club de Rome. En effet, la *Blockchain* considérée ne présente pas les caractéristiques d'une chaîne qui serait à la merci du moindre maillon faible ou de décisions politiques, comme le protocole de Kyoto en fut la victime, mais bien celle d'une organisation autonome distribuée qui, à l'instar du Web, relève plutôt d'une toile extrêmement résistante, qualité précieuse dans la lutte climatique.

Le foisonnement des projets de *Blockchain* observés au sein de la coalition Climate Chain et au-delà de son périmètre d'action présente aussi l'avantage d'être à l'origine d'une dynamique ascendante qui s'inscrit parfaitement dans l'esprit de l'Accord de Paris : une approche consensuelle basée sur des engagements volontaires, dont on se donne collectivement les moyens de mesurer, voire de récompenser l'impact. Un protocole de solidarité qui ressemble au cahier des charges de la plupart des *Blockchains*. Mais là où l'Accord de Paris lie d'abord les

États qui l'ont ratifié, les *Blockchains* climatiques peuvent en prolonger l'esprit jusqu'aux interstices des réalités sociales des communautés, des régions et surtout des villes et des zones urbaines qui concentreront d'ici à dix ans plus de 70 % des émissions de gaz à effet de serre.

Armées de protocoles capables de connecter entre elles l'ensemble des initiatives de crypto-actifs dédiés au climat (comme le propose la technologie de Bancor ⁽²³⁾), les *Blockchains* climatiques dessinent la possibilité de faire émerger de toutes les strates la nouvelle valeur sociale du carbone (que Michel Aglietta appelle de ses vœux ⁽²⁴⁾). Et, ce faisant, de créer l'interopérabilité capable de fournir une image claire de l'empreinte carbone global et de l'alignement de celle-ci sur la trajectoire fixée par l'Accord de Paris. Un tel schéma bénéficie également d'un avantage politique considérable par rapport aux initiatives centralisées de tarification du carbone : une acceptabilité sociale forte qui est propre aux initiatives ascendantes issues du terrain local et communautaire, et qui recouvre un enjeu majeur : apporter des réponses conciliant à la fois les défis écologiques et les défis sociétaux.

(19) « Nous collaborerons pour établir des normes de base dans le développement d'outils connexes pour étayer l'efficacité des applications des DLT, pour la gouvernance du changement climatique. »

(20) « Nous nous associerons à une stratégie proactive pour identifier et tenter d'atténuer les activités frauduleuses associées à l'application des DLT dans la gouvernance du changement climatique et de la durabilité en général, le cas échéant. »

(21) « En tant qu'organisations soucieuses de l'intégrité environnementale en général et du changement climatique en particulier, nous reconnaissons certains effets négatifs et défis actuels de nombreuses applications DLT (en particulier celles utilisant la Blockchain avec la preuve de travail comme mode de consensus) concernant leurs niveaux de consommation d'énergie et leurs émissions de GES. »

(22) Voir, notamment : "Why Complementary Currencies Are Necessary to Financial Stability: The Scientific Evidence", in From Bitcoin to the Burning Man, The Quest for Identity and Autonomy in a Digital Society, John Clippinger and David Bollier (eds), ID3 and Off The Common Books, 2014.

(23) <https://about.bancor.network/protocol/>

(24) Voir, notamment : « Transformer le régime de croissance », sous la direction de Michel Aglietta, Rapport pour la CDC, 2018.