

LES CAHIERS DE RECHERCHE

Comment mettre

# la Blockchain au service de l'accord de Paris sur le climat



**Caisse  
des Dépôts**  
GROUPE





## Institut pour la recherche

*L'Institut pour la recherche de la Caisse des Dépôts soutient des projets de recherche s'inscrivant dans les champs d'intervention et les missions de la Caisse des Dépôts. Son rôle est de favoriser la recherche dans les domaines liés aux activités de la Caisse des Dépôts, sur des thématiques variées telles que l'épargne, la finance de long terme, le développement économique des territoires, la transition énergétique et écologique, les impacts du vieillissement, etc.*

---

## L'Institut Louis Bachelier, soutenu par L'Institut pour la recherche de la Caisse des Dépôts, a lancé un programme de recherche Blockchain Climat et Transition, à l'origine de l'initiative "Climate Chain".

---

Ce cahier de recherche est tiré de l'article "Comment mettre la Blockchain au service de la mise en œuvre de l'accord de Paris sur le climat", paru dans les Annales des Mines, Responsabilité & Environnement - avril 2019 - N°94 \*.

Les technologies de Blockchain permettent le stockage et la transmission d'informations, de façon transparente et sécurisée et sans organe central de contrôle. Le champ d'expérimentation de ces technologies est vaste, notamment au service de la lutte contre le changement climatique. Dans ce contexte, ces technologies peuvent en effet accélérer la mise en œuvre de l'accord de Paris sur le climat, en assurant la transparence et la vérifiabilité sur les données d'émissions de gaz à effet de serre et l'interopérabilité d'initiatives à caractère local dans ce domaine.

Nous présentons, dans ce cahier, un "prototype" de registre du carbone basé sur la Blockchain et développé en partenariat avec la Caisse des Dépôts, ainsi que la coalition des initiatives de Blockchain climatique (Climate Chain Coalition), soutenue par l'ONU climat, et que nous avons concouru à initier durant la One Planet Summit de décembre 2017 à Paris.

\* Par Patrice Geoffron, Université Paris Dauphine, PSL, Laboratoire d'Économie de Dauphine et Stéphane Voisin, Institut Louis Bachelier, PSL,

Depuis une dizaine d'années, le paysage fiduciaire s'est enrichi de monnaies qualifiées de "crypto", au premier rang desquelles le Bitcoin. Nées en 2008, à l'amorce d'une grande crise qui allait fissurer la confiance envers les institutions financières, ces monnaies (Ethereum, Ripple, Litecoin, IOTA, parmi bien d'autres) se singularisent moins par leur virtualité (assez banale dans un monde numérique), que par leur fonctionnement sans banque centrale, tout en étant interchangeables avec l'euro, dollar, yen...

Elles ont en commun de reposer sur la Blockchain qui est une "technologie de stockage et de transmission d'informations, transparente, sécurisée et fonctionnant sans organe central de contrôle" (selon Blockchain France).

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 autorité centrale ou intermédiaire, sont compilées et empilées en 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 à tous) comme dans le cas de Bitcoin, "privées" (soumises à une autorisation préalable) ou bien encore organisées sous forme de "consortiums" (groupements d'acteurs, comme des institutions financières par exemple, définissant des règles et finalités au sein d'un club fermé).

**Notre objectif est ici de présenter, parmi des initiatives et expérimentations nombreuses 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 le programme de recherche développé à cette fin et ayant notamment permis de développer un "prototype" de registre du carbone, basé sur la Blockchain (partenariat avec la Caisse des Dépôts), et d'être parmi les initiateurs de la coalition des initiatives de Blockchain climatique (Climate Chain Coalition), soutenue par l'ONU climat.

## Instaurer la confiance sans "tiers" dédié: un vaste champ d'applications potentielles au service de la transition environnementale

**Les applications potentielles de la Blockchain sont très vastes** eu égard aux perspectives et à la diversité 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 l'agroalimentaire, le médicament...),
- affichage d'empreinte environnementale (dans les systèmes de transport),
- exécution automatique de contrats (dans l'assurance notamment),
- internet des objets (dans l'espace domestique)
- ...

## 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 un 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 des modes d'autoconsommation collective.

Outre les processus de relevé de consommations et de facturation et les opérations de compensation, la Blockchain permet également de **certifier l'origine verte de l'énergie échangée** et à en encourager le développement.

Par exemple, la fondation SolarCoin vise à promouvoir la production d'électricité d'origine renouvelable et la constitution de microréseaux d'énergie distribuée en ré-compensant les producteurs d'électricité d'origine solaire avec des jetons de crypto-monnaie. De nombreux projets s'inscrivent dans des logiques de compensation carbone (Poseidon, Climate Seeds...), à lutter contre la déforestation (Gainforest), ...

Soulignons enfin que l'usage de "smart contracts" peut s'inscrire dans des **logiques d'adaptation aux effets du changement climatique**, par exemple en support des services d'assurance paramétriques pour couvrir l'occurrence d'évènements météorologiques extrêmes (par exemple la survenue d'épisodes de gels dans la viticulture).

## Points de vigilance

Dans le cadre de la "transition énergétique", **les usages de la Blockchain présentent toutefois plusieurs points de vigilance**, au premier rang desquels celui de 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) et induisent une consommation électrique élevée : dans le cadre de ce type de protocole, des agents du réseau (qualifiés de "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 importants car ce mode de validation des blocs requiert toute une organisation industrielle avec la constitution de fermes de serveurs destinées au minage. 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 basés sur la compétition entre 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 du dispositif (en volume et en empreinte carbone) doit entrer dans l'analyse de la pertinence du dispositif.



---

## Les vertus de la Blockchain sont 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, 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 eu égard aux principes essentiels sur lesquels repose cet accord.

L'élément essentiel est que les États, parties à l'accord de Paris, doivent communiquer leurs INCD (Intended Nationally Determined Contributions, contributions volontaires nationales) conformément à son Article 4. Cette **logique d'engagements volontaires**, signifiant l'absence de caractère contraignant, rend absolument indispensable un dispositif crédible de vérification des réalisations : les informations des États sur leurs engagements de réduction des émissions de gaz à effet de serre doivent être fournies 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). En outre, compte tenu du **transfert à hauteur de 100 milliards d'euros par an à partir de 2020 à destination des pays les plus fragiles** prévu dans l'accord, un suivi des effets de ces flux est également nécessaire, au sein d'États dont les institutions sont parfois fragiles (et dont les MRV devront néanmoins faire preuve de robustesse et transparence).

### Intérêt de la Blockchain dans ce nouveau cadre stratégique de 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 pour la gestion des inventaires de gaz à effet de serre** et la génération de crédits carbonés. 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 MRV, ubiquitaires et faisant consensus, depuis le bas vers le haut. Car **une autre caractéristique essentielle de l'accord de Paris** (en contraste avec la logique du protocole de Kyoto) **est d'encourager l'engagement des 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.

Dans ce contexte, 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 contexte du marché européen de permis d'émissions, 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 de registres du carbone**, en particulier les pays en développement. Ce "prototype" a été élaboré en amont de la COP23 et teste une infrastructure pilote de Blockchain administrée (sous Ethereum) de manière privée. Le débouché de ce prototype est à la fois de montrer qu'il est possible de répliquer, via une Blockchain, les fonctionnalités d'un grand registre européen, mais également de suggérer la possibilité d'un déploiement dans le cadre d'initiatives locales et d'assurer leur interopérabilité.

---

## Une coalition d'acteurs de blockchains climatiques soutenue par l'ONU climat

---

Face à cet impératif de coordonner les initiatives de Blockchain climatiques, nous avons été l'initiative d'une coalition à l'issue de la COP 23, lors du One Planet Summit du 12 décembre 2017 à Paris.

### La Climate Chain Coalition

**Cette Climate Chain Coalition (CCC) est soutenue par l'ONU** (l'UNFCCC en charge des actions Onusiennes dans le cadre de la lutte contre le changement climatique) qui voit dans ces technologies des vertus multiples :

- renforcer le suivi, la notification et la vérification des impacts de l'action climatique.
- améliorer la transparence, la traçabilité et la rentabilité de l'action climatique.



- renforcer la confiance entre les acteurs du climat.
- rendre les mécanismes d'incitation à l'action climatique accessibles aux plus pauvres.
- soutenir la mobilisation en faveur de la finance verte”.

## Objectifs de la CCC

**Cette Climate Chain Coalition, regroupant plus d'une centaine d'initiatives privées et publiques, a pour objectif de faire progresser la collaboration entre les membres** travaillant sur des questions d'intérêt commun, d'aider à améliorer l'intégrité environnementale et les résultats des applications des blockchains pour le climat, ainsi que leurs effets en termes de développement. La Charte commune des membres de la CCC repose sur une dizaine de principes, parmi lesquels la recherche de standards communs, l'anticipation des risques frauduleux, et la recherche de protocoles efficaces énergétiquement et sobres en carbone.

**L'objectif fondamental de cette coalition est de coordonner les multiples initiatives et cas d'usages locaux de blockchains climatiques afin de favoriser leur cohérence et leur interopérabilité.** Cette opérabilité 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, compte tenu du reflux des engagements étatiques depuis la COP 21 dans le prolongement de la défiance américaine 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 : il est résilient.**

Une propriété vertueuse que l'économiste Bernard Lietaer, un des artisans fondateurs de l'euro, s'est efforcé de démontrer à la suite de ses travaux menés pour le compte du Club de Rome. La Blockchain ne présente en effet 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, présente aussi l'avantage 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 lui-même 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 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 des crypto-actifs dédiés au climat (comme le propose la technologie de Bancor), 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). Et, ce faisant, de créer l'interopérabilité capable de fournir une image claire de l'empreinte carbone globale et de son alignement à la trajectoire de l'accord de Paris.

Un tel schéma bénéficie également d'un avantage politique considérable par rapport aux initiatives centralisées de tarification du carbone : **l'acceptabilité sociale forte propre aux initiatives ascendantes, issues du terrain local et communautaire, un enjeu de réconciliation des défis écologiques et sociétaux.**



---

Le groupe Louis Bachelier est un réseau de recherche partenariale réunissant des chercheurs académiques, des entreprises privées et des pouvoirs publics. Le groupe Louis Bachelier Finance, développe et valorise la recherche d'excellence en économie et finance. Il est constitué de l'Institut Louis Bachelier (ILB) et de deux fondations "L'Institut Europlace de Finance" (EIF) et "La fondation du Risque" (FDR). L'Institut Europlace de Finance (IEF), fondation reconnue d'utilité publique, promeut une recherche en finance plus particulièrement centrée sur les besoins des entreprises. L'IEF permet au réseau Louis Bachelier de soutenir des projets de recherche financière appliquée, dans une logique partenariale, sur des thèmes stratégiques à court et moyen terme : initiatives de recherche, chaires, colloques, publications, ...



Parmi ces initiatives, le programme "Climate chain" de l'Institut Louis Bachelier, a pour objectif, aux côtés de l'Université-Paris Dauphine et de l'École des Mines, de créer une plateforme "ouverte" pour explorer le potentiel des technologies blockchain au service de la lutte contre le changement climatique et des transitions énergétiques et sociétales.

Il s'agit d'un projet de recherche pluridisciplinaire comprenant des analyses technologiques critiques, des analyses économiques et sociétales prospectives et des applications pilotes.

Responsables Patrice Geoffron et Stéphane Voisin.

<https://www.institutlouisbachelier.org/programme/climate-chain/>

**L'Institut pour la Recherche de la Caisse des Dépôts est partenaire de l'Institut Europlace de Finance et soutient le programme "Climate chain".**



**Ensemble,  
faisons grandir  
la France**

caissedesdepots.fr