

BLOCKCHAIN ET TRANSITION ENERGETIQUE

QUELS
ENJEUX
POUR
LES
VILLES ?



Avec le soutien de





TABLE DES MATIÈRES

03 - INTRODUCTION

04 - DEFINITION

06 - PROBLEMATIQUE

07 - APPLICATIONS DANS L'ENERGIE

10 - EXEMPLES

21 - AUTRES EXEMPLES

22 - OPPORTUNITES ET POINTS DE VIGILANCE POUR UNE COLLECTIVITE

26 - PERSPECTIVES ET CONCLUSION

27 - EXPERTS INTERVIEWES

28 - BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

L'objectif de cette note exploratoire est de dessiner les premiers contours de l'utilisation expérimentale des blockchains pour l'énergie au niveau local : dans quelle mesure les blockchains peuvent-elles impacter la transition énergétique des villes ? Comment les villes et leurs habitants pourraient-ils, grâce à cette technologie, devenir producteur d'énergie et consommer tout ou partie de cette même énergie ?

Cette note exploratoire donne un aperçu des types d'énergie auxquels cette technologie pourrait s'appliquer, ainsi que des utilisations possibles dans les territoires. De multiples expérimentations semblent être déjà lancées par des acteurs publics et privés, par exemple dans le secteur des bâtiments municipaux, des échanges entre acteurs privés ou dans le secteur de l'énergie pour la mobilité (électrique) des personnes.

Les opportunités et points de vigilance des technologies blockchain pour les collectivités sont abordés. Par ailleurs, des perspectives pour établir si et quand une massification de cette technologie au niveau local pourrait être envisageable sont présentées.

DÉFINITION

La blockchain est une technologie de stockage et de transmission d'informations, transparente, sécurisée, et fonctionnant sans organe central de contrôle (définition de Blockchain France). Par extension, une blockchain ("chaînes de blocs" ou registre de transactions) constitue une base de données qui contient l'historique de tous les échanges effectués entre ses utilisateurs depuis sa création. Cette base de données est sécurisée et distribuée : elle est partagée par ses utilisateurs, sans intermédiaire, ce qui permet à chacun de vérifier la validité de la chaîne.

HYPERLEDGER

Hyperledger est une initiative open-source, qui est menée par la fondation Linux en partenariat avec des acteurs industriels de taille importante comme IBM, Cisco, Intel, JP Morgan, SAP etc. Hyperledger vise à renforcer l'utilisation de la blockchain dans des industries différentes, et travaille pour cela avec des industries comme par exemple l'internet des objets (Internet of Things), la finance, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, le secteur IT et d'autres acteurs.

Cette initiative veut standardiser l'utilisation de la blockchain pour les entreprises (blockchain for business), afin de faciliter la mise en place d'une adoption commerciale à grande échelle. Hyperledger n'est pas qu'une simple plateforme, mais agit plutôt en tant que fédérateur pour plusieurs communautés de développeurs software, qui veulent utiliser cette plateforme blockchain pour monter leurs projets. Sous le terme de Hyperledger Fabric, un cadre est offert pour développer des solutions blockchain spécialement dédiées aux entreprises privées. Ceci différencie Hyperledger des plateformes comme Ethereum ou de la monnaie virtuelle Bitcoin, car celles-ci sont basées sur des blockchains publiques qui sont aux services de tous les acteurs.

Au lieu d'être stocké chez un intermédiaire central, ce registre de toutes les transactions est distribué sur plusieurs ordinateurs au travers d'un réseau de pair à pair (peer-to-peer) - cela signifie permettre un accès ouvert à des données que l'on héberge sur son serveur. Il utilise des techniques cryptographiques : il est indélébile et décentralisé. Les ordinateurs des utilisateurs gardent donc une trace de toutes les transactions. C'est la multitude de participants qui crée une grande chaîne et joue le rôle de vérification (assurée jusqu'alors par les intermédiaires, ou "tiers de confiance") et de validation. Pour fonctionner, la blockchain n'a besoin que de la puissance des ordinateurs.

Il existe plusieurs plateformes sur lesquelles sont basés des projets blockchain. En particulier, les plateformes Ethereum et Hyperledger sont bien établies, ce qui justifie de les examiner de plus près.

Ainsi, Hyperledger Fabric est doté des caractéristiques suivantes :

- ➔ **C'est une blockchain privée** : pour accéder au réseau, on a besoin d'un droit d'accès; les adhésions sont contrôlées et règlementées par une autorité/un intermédiaire central
- ➔ Les transactions sont confidentielles : ainsi, les entreprises utilisant une blockchain privée possèdent la flexibilité et la sécurité pour rendre les transactions seulement visibles aux participants qui possèdent les codes de cryptage corrects
- ➔ En théorie, la monnaie virtuelle n'est pas nécessaire pour le fonctionnement : ainsi, on n'a pas besoin de processus de minage (i.e. c'est le procédé par lequel des transactions – p.ex. Bitcoin – sont sécurisées) et d'algorithmes pour assurer les transactions
- ➔ Enfin, le processus est programmable : on peut introduire la logique de programmation dans des smart contracts, ce qui permet d'automatiser les processus de gestion d'affaires à travers le réseau de l'entreprise

Il est important de préciser ce que recouvre le terme smart contract car il peut porter à confusion. Dans l'ouvrage *La Blockchain décryptée – les clés d'une révolution de Blockchain France*, les smart contracts sont définis comme étant « des programmes autonomes qui, une fois démarrés, exécutent automatiquement des conditions définies au préalable. Ils fonctionnent comme toute instruction conditionnelle de type "if - then" ["Si" condition vérifiée "Alors" conséquence s'exécute], et présentent trois principaux apports : une vitesse accrue, une meilleure efficacité, et une certitude que le contrat sera exécuté comme convenu. Ces programmes sont capables de surmonter les problèmes d'aléa moral, et de réduire les coûts de vérification, d'exécution, d'arbitrage et de fraude ».

ETHEREUM

Ethereum est une initiative open-source, qui a été développée par la fondation suisse Ethereum Foundation. Cette initiative utilise sa propre monnaie virtuelle, appelée Ether. Ether est la monnaie virtuelle la plus utilisée après le bitcoin.

Le principe de la plateforme Ethereum est que sa blockchain est publique et ouverte à tout le monde. Elle peut être perçue comme une machine virtuelle (Virtual Machine) : son objectif est de fournir tous les services d'un ordinateur à distance, à l'image d'un cloud qui serait distribué.

Quelles sont les caractéristiques principales d'Ethereum ?

- ➔ Ethereum permet à son réseau d'utilisateurs de créer des smart contracts dont le principe repose sur le fait que le logiciel d'Ethereum est actif simultanément sur des milliers d'ordinateurs décentralisés. Le programme est autonome et capable d'exécuter des conditions (pré-) définies d'un contrat en amont. Un seul acteur ne peut pas modifier un contrat dans ce système de smart contracts.
- ➔ Le concept d'applications décentralisées (Dapps – Decentralized applications) est clé dans la plateforme Ethereum : une application décentralisée est totalement open source, utilise une crypto-monnaie (comme Ether ou Bitcoin, nécessaire pour accéder à une Dapp) et fonctionne de manière autonome sans qu'une entité puisse contrôler la monnaie émise et stocke ces données sur un registre public et décentralisé (sans point de coordination central). Une application décentralisée récompense ses utilisateurs (« mineurs ») avec des jetons de sa crypto-monnaie pour leur travail de validation des nouvelles insertions dans son registre public et décentralisé.

➔ Les transactions sont publiques et ouvertes à tout le monde (blockchain publique)

- ➔ Ethereum utilise le **système de preuve d'enjeu/participation** (proof of stake) : ce système choisit au hasard le prochain créateur d'un block, tenant en compte des facteurs comme par exemple la quantité de monnaie virtuelle (crypto-monnaie) qu'il ou elle possède (son enjeu). Le créateur qui a été choisi par ce système ajoute ensuite un bloc à la blockchain et peut toucher à la récompense, quand les autres utilisateurs dans le réseau ont validé sa démarche (mécanisme de consensus). Ce système de preuve d'enjeu/participation est différent du **système de preuve de travail** (proof of work) : pour qu'un utilisateur puisse ajouter un bloc supplémentaire à la blockchain dans le système de preuve de travail, il est obligé de réaliser une série de calculs coûteux en temps et en énergie (p.ex. algorithmes de hachage, résoudre des puzzles mathématiques) pour pouvoir valider des transactions et ajouter un bloc à la blockchain (son travail fait). Le système de preuve de travail favorise les utilisateurs qui possèdent des ordinateurs très puissants, capable d'exécuter ces calculs.

Le système de preuve d'enjeu/participation est par principe moins énergivore que le système de preuve de travail, car pour fonctionner il ne fait pas appel à ces calculs coûteux en temps et en énergie.

PROBLÉMATIQUE

Tout le monde regarde, peu de gens comprennent vraiment, et personne ne sait encore quel est l'avenir exact de cette nouvelle manière d'authentifier et de sécuriser les transactions. Pourtant, il y a des observateurs qui n'hésitent pas à qualifier la blockchain de «deuxième révolution numérique», comparable à ce qu'a représenté l'arrivée d'Internet dans les années 1990.

De plus, une multitude d'acteurs internationaux clés comme l'ONU ou l'Union européenne ont aussi commencé à s'y intéresser. Dans le « cycle de la hype »¹ de l'institut Gartner, la technologie blockchain est placée dans la catégorie des attentes démesurées [peak of inflated expectations].

Parallèlement à cela, les collectivités sont confrontées à des transformations fondamentales du système énergétique : spécifiquement, une décentralisation du système poussée par la massification des énergies renouvelables, des systèmes de stockage et des solutions de réseaux intelligents (Smart Grids). Le secteur de l'énergie n'a pas eu encore son moment « Uber »², mais il en n'est pas loin. L'enjeu est de préparer les collectivités à affronter ces transformations et à en tirer les avantages pour améliorer leur situation et celles de leurs habitants – notamment en mettant en place un système d'autoconsommation collective et équitable dans le domaine de l'énergie, c'est-à-dire des micro-réseaux décentralisés de production, de consommation et de partage d'énergie entre voisins.

Est-ce que la blockchain peut aider les collectivités à faire face aux transformations fondamentales du système énergétique ? Peut-elle les soutenir à mettre en place des démarches de production, consommation et partage de leur propre énergie (verte) dans des micro-réseaux décentralisés, tout en impliquant les citoyens ? Avant de se lancer dans cette réflexion et d'opter pour l'utilisation de la blockchain dans un tel projet

sur son territoire, **il est utile pour une collectivité de se poser plusieurs questions clés :**

- ➔ Quel est le défi/problème énergétique auquel je suis confronté sur mon territoire ?
- ➔ Comment puis-je résoudre ce problème ?
- ➔ Pourquoi est-ce que j'aurais besoin de la blockchain pour résoudre ce problème ?
- ➔ Est-ce que je pourrais aussi résoudre ce problème sans la blockchain ?
- ➔ Quel est le plan d'affaire de mon projet blockchain ?
- ➔ Qu'est-ce que mon projet blockchain peut apporter à mon territoire et ses acteurs, comparé à une solution classique ?
- ➔ Quel rôle est-ce que je peux assumer en tant que collectivité ?
- ➔ Quels sont les coûts – surtout financiers et énergétiques – pour mettre en œuvre un projet blockchain, comparé à sa mise en œuvre sans l'utilisation de la blockchain ?

Ces questions seront abordées, autant que possible, dans les exemples de projets blockchain qui sont analysés dans cette note exploratoire. Les opportunités et les points de vigilance clés pour une collectivité qui veut utiliser la technologie blockchain au service de sa politique énergétique seront ensuite évoqués, avant de terminer avec un état des lieux des perspectives de la technologie blockchain pour la transition énergétique des villes.

APPLICATIONS DANS L'ÉNERGIE

Jusqu'à présent, la technologie blockchain a été surtout attirante pour l'industrie de la finance, qui commence déjà à utiliser la blockchain et sa capacité à mesurer, stocker et certifier les informations sans avoir recours à un prestataire extérieur, pour réduire le coût et la complexité de transactions financières.

Mais également des industries comme la musique, les médias ou même le transport maritime estiment que la blockchain leur permettrait de développer de nouvelles applications et d'améliorer leurs services (par exemple le port d'Anvers veut utiliser la blockchain pour rendre son transport par conteneurs plus fluide). Qu'est-ce que la blockchain peut apporter à l'énergie locale ? Ici, nous allons évoquer les applications envisageables de la blockchain dans le secteur de l'énergie.

GESTION DE TRANSACTIONS

La blockchain peut être utilisée comme solution informatique principale pour faire de la gestion de transactions d'énergie, de façon efficace et à un coût réduit, sans qu'un organe de contrôle central traditionnel ait besoin de garantir la fiabilité, comme par exemple une société de services énergétiques. Chaque transaction d'énergie est enregistrée et stockée par la blockchain sur tous les ordinateurs (nœud) qui font partie de

son réseau (p.ex. un microgrid). Tous les participants sont mis au courant en temps réel de chaque transaction faite, et leurs ordinateurs se contrôlent entre eux pour empêcher la fraude au sein du système. La gestion des transactions d'énergie peut être automatisée et rendue encore plus efficace et moins coûteuse grâce à la mise en place d'un système de smart contracts, et dans une prochaine étape, avec la création d'organisations / applications autonomes et décentralisées (Dapps), qui ne nécessiteront plus d'intervention humaine.

Exemples : Sunchain, Brooklyn microgrid, Tal.Markt, Power-ID

RENSEIGNER LA POSSESSION ET LA GESTION D'ACTIFS

La blockchain permet d'enregistrer et de stocker de manière distribuée et sécurisée tous les flux d'énergie et transactions. Elle peut être aussi utilisée pour renseigner par exemple qui possède à un moment donné de l'énergie, combien il en a produit, vendu ou acheté et comment son actif / portfolio d'énergie évolue (asset management). Tout cela est effectué de façon transparente, et chaque partie prenante – les sociétés de services énergétiques, les opérateurs de systèmes de distribution, les opérateurs de systèmes de transmission, les collectifs d'énergie citoyenne, les collectivités locales à travers leurs services énergétiques Stadtwerke, etc. - peut accéder à ces informations infalsifiables et indélébiles à tout moment. Ainsi, il est possible de créer un livre historique de ces

enregistrements [preuve d'existence], ce qui est important d'un point de vue juridique et légal en cas de conflits. Selon le type de blockchain mise en place (publique ou privée), l'identité des membres du réseau peut être soit connue [publique] soit anonyme [privée].

Exemples : Gruenstromjeton, Sunchain, I-NUK

CERTIFICATION ET VÉRIFICATION DE L'ÉNERGIE

Cette capacité de documentation de la blockchain ouvre la possibilité de changer les pratiques actuelles de certification et vérification d'énergie, notamment en ce qui concerne les garanties d'origine ou encore les cadres du système d'échange de quotas d'émissions (p.ex. le SEQUE en UE). En Europe, souvent les garanties d'origine d'énergie renouvelable sont des garanties fausses et frauduleuses, qui incluent de l'énergie fossile et permettent ainsi à des acteurs de faire du greenwashing. La blockchain peut vérifier la provenance et le type d'énergie à tout moment de façon incorruptible [audit en temps réel], et créer un historique de possession de chaque certificat d'énergie renouvelable. Ce processus est transparent et interchangeable, et aide à assurer la gestion de ces certificats. Il peut aussi servir à enregistrer, certifier et valider les échanges de quotas d'émissions entre les acteurs d'un tel système, une approche qui est en train d'être mise en place en Chine par IBM et le Energy Blockchain Lab.

Exemples : Sunchain, Pylon Network Project, I-NUK

SUIVI ET DIAGNOSTIC EN TEMPS RÉEL DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

La blockchain peut servir aussi en tant que système de contrôle et évaluation [monitoring], et permettre à des acteurs comme les collectivités locales ou les citoyens (à travers un compteur intelligent) de faire un suivi transparent et en temps réel de leur consommation énergétique. Avec les informations précises fournies par la blockchain, les collectivités locales pourront faire un diagnostic et identifier par exemple leurs bâtiments énergivores qui ont besoin d'une rénovation énergétique.

La blockchain pourrait aussi faciliter l'échange de ces données entre les différents acteurs du système énergétique. Avec la prolifération des objets connectés (Internet of Things), un développement attendu dans les années qui viennent, les collectivités seront capables d'obtenir en permanence un état des lieux de l'ensemble de leur infrastructure énergétique (p.ex. installations d'énergie, réseau intelligents, etc.).

Une blockchain en communication permanente avec ces objets connectés, qui utilise des smart contracts et des applications autonomes et décentralisées [qui ont la capacité de fonctionner

avec des procédures prédéfinies par des techniciens], pourrait ainsi en théorie gérer pour la collectivité son infrastructure d'énergie, sans qu'elle ait besoin d'intervenir en direct.

Exemples : DAISEE, Pylon Network Project, Gruenstromjeton

PROCESSUS DE FACTURATION ET RÉPARTITION

Une autre application de la blockchain dans le secteur de l'énergie concerne la facturation de l'énergie. La capacité de la blockchain à créer un enregistrement distribué des données de transaction peut servir à établir une archive compréhensive de la consommation d'électricité, chauffage et d'eau. En combinant la blockchain avec un compteur intelligent, les collectivités pourront ainsi avoir plus de contrôle sur l'évolution de leur consommation et sur la gestion des contrats avec leurs fournisseurs. Ceci est dû au fait que la blockchain rend la consommation et la facturation transparentes, et empêcherait par exemple les fournisseurs de facturer aux collectivités l'énergie qu'elles n'ont pas consommée. Les citoyens, eux aussi, ont plus de force de levier envers leurs fournisseurs et pourront être moins sujets à des pratiques frauduleuses de surfacturation de consommation d'énergie.

La blockchain peut rendre la répartition des coûts de gestion du réseau plus flexible. La blockchain est capable de faire un suivi en temps réel du développement des coûts du réseau. Une blockchain basée sur l'utilisation de smart contracts et des applications décentralisées et autonomes pourrait répartir les coûts du réseau auprès des différents acteurs selon leur demande et alimentation en énergie. Dans la situation d'un réseau décentralisé avec beaucoup de consommateurs et producteurs d'énergie solaires par exemple, une journée ensoleillée signifierait que les acteurs de ce réseau seront quasi auto-suffisants et devront seulement payer les coûts pour la gestion de leur propre réseau. Si par contre il n'y a pas de soleil et ils auront besoin de l'énergie de l'extérieur (p.ex. réseau central), ils devront aussi payer leur part pour la gestion du réseau duquel ils prennent de l'énergie.

Exemples : Gruenstromjeton, Power-ID

RÉMUNÉRATION À TRAVERS UNE MONNAIE RÉELLE OU VIRTUELLE

La blockchain pourrait aussi servir à réformer les processus de rémunération dans l'énergie, soit à travers la monnaie réelle ou la monnaie virtuelle (p.ex. Bitcoin, Ether). Même si le tarif de rachat ou le programme de facturation nette ont fortement facilité le développement des énergies renouvelables en Europe, beaucoup d'observateurs jugent que ce ne sont plus les moyens de rémunération les plus efficaces et flexibles pour inciter la production et consommation massifiées d'énergie

renouvelables. Le système de smart contracts pourrait permettre la mise en place d'un schéma automatisé et flexible qui rémunère les prosommateurs en temps réel et ajuste la demande à un moment donné (demand response). De plus, des micro-paiements en énergie seront possibles avec ce système, à quasi zéro coût général (overhead costs) et dans des intervalles très courts (p. ex. toutes les 15 minutes), puisque la présence d'intermédiaire traditionnel comme une société de service énergétique ou de service de paiement ne sera pas nécessaire pour traiter le cash-flow et les transactions réalisées. Dans un contexte local comme un partenariat collectivité-énergie citoyenne, l'énergie fournie à la collectivité pourrait être rémunérée avec une cryptomonnaie locale, qui serait liée à la monnaie locale. La collectivité pourrait tirer profit du minage de la cryptomonnaie locale et utiliser ce profit pour le réinvestir dans l'économie locale et lutter contre la précarité énergétique. Même si ce scénario n'est pas encore très répandu dans des collectivités européennes, la ville anglaise de Hull a déjà créé sa propre cryptomonnaie [HullCoin], et réinvestit le profit réalisé avec son minage dans sa politique sociale qui réduit la pauvreté sur son territoire. Les citoyens vulnérables font du bénévolat et sont rémunérés avec des HullCoins, qu'ils peuvent ensuite échanger par exemple contre des plats chauds dans la banque alimentaire locale.

Exemples : SolarCoin, Gruenstromjeton, NRGCoin, Brooklyn Microgrid

CRÉATION D'UN MARCHÉ D'ÉNERGIE LOCALE/RÉGIONALE EN LIGNE

Une autre application envisageable pour la blockchain serait son utilisation dans un marché d'énergie locale ou régionale en ligne. La collectivité pourrait jouer le rôle nouveau d'intermédiaire, en agissant comme un matchmaker et coordinateur entre les producteurs d'énergie locale et ses citoyens. A travers une plateforme blockchain en ligne, la collectivité rassemblerait les différents producteurs d'énergie locale et leurs offres, et pourrait aider ses citoyens à choisir un mix d'énergie abordable. Ce service énergétique permettrait non seulement de soutenir la lutte contre la précarité énergétique, mais aussi de garder la valeur économique de l'énergie sur le territoire, puisque l'ensemble des transactions seront faites à une échelle locale ou régionale. De plus, les petits producteurs d'énergie ne seront pas obligés de passer par le marché de gros pour vendre leur énergie, mais pourront le vendre directement aux citoyens (Retail market). L'indélébilité, la transparence et l'efficacité de la blockchain garantiront la stabilité des opérations de cette plateforme.

Exemples : Tal.Markt, Power-ID

L'ÉCHANGE DE PAIR À PAIR D'ÉNERGIE RENEUVELABLE DANS UN SYSTÈME DÉCENTRALISÉ :

La blockchain pourrait aussi permettre d'instaurer de l'échange pair à pair et de l'autoconsommation collective dans un système décentralisé. Grâce à la confiance digitalisée amenée par la blockchain, les membres d'un tel système – les producteurs tout comme les consommateurs – pourront échanger l'énergie de façon manuelle ou automatique (smart contracts) dans un cadre harmonisé et sécurisé, en utilisant de la monnaie virtuelle ou réelle. Les smart contracts contrôleront la quantité d'énergie produite et consommée en temps réel. Les participants d'un tel réseau profiteraient aussi du fait que le chemin parcouru par l'énergie échangée est plus court que dans un système centralisé, entraînant moins de gaspillage d'énergie et une réduction des coûts de l'énergie (p.ex. coût marginal). Les smart contracts pourront garantir la stabilité d'un tel système en gérant indépendamment le stockage, le marché d'équilibrage et l'équilibre entre la demande et l'alimentation en énergie.

Exemples : NRGcoin, Power-ID, Brooklyn microgrid

COMPENSER SES ÉMISSIONS CO₂ & ÊTRE RÉCOMPENSÉ POUR LA MISE EN ŒUVRE D' ACTIONS DURABLES

Transformer son énergie renouvelable produite en crédits carbone et les vendre sur le marché, ou compenser une activité intensive en carbone (par exemple prendre l'avion) – tout ceci pourrait devenir plus pratique et facile à exécuter et monétiser (en monnaie réelle ou virtuelle) à travers la blockchain. Une application/plateforme blockchain peut convertir ces activités rapidement et automatiquement à travers un système de smart contracts, de façon sécurisée et transparente.

Exemples : I-NUK

FACILITER LE DÉVELOPPEMENT DE LA MOBILITÉ ÉLECTRIQUE EN TANT QUE SERVICE


Enfin, la blockchain peut faciliter le développement de la mobilité électrique en tant que service grâce à la mise en place d'un système de rechargement plus simple (en un seul clic) et moins coûteux que les solutions existantes. De plus, elle pourrait « ubériser » et faciliter la location en direct entre propriétaires de voitures avec des systèmes de paiement innovateurs comme par exemple pay-per-use. La blockchain pourrait aussi gérer un flux massif de données généré par des voitures autonomes dans des plateformes d'échange dédiées, et aussi aider les collectivités locales - en coopération avec des chercheurs - à utiliser ces données pour améliorer l'infrastructure de leurs transports urbains.

Exemples : Sunchain



EXEMPLES

Il est important de noter que la plupart des exemples sont encore au stade de pilotes, d'expérimentations – il n'y a pas vraiment encore de projets blockchain dans l'énergie mis en œuvre à grande échelle dans les collectivités.





EXPÉRIMENTATIONS MENÉES DANS LES PYRÉNÉES ORIENTALES – TECSOL

PAYS

France

NOM

Solution Sunchain - Autoconsommation collective dans les Pyrénées orientales

INITIATEUR/PROFIL

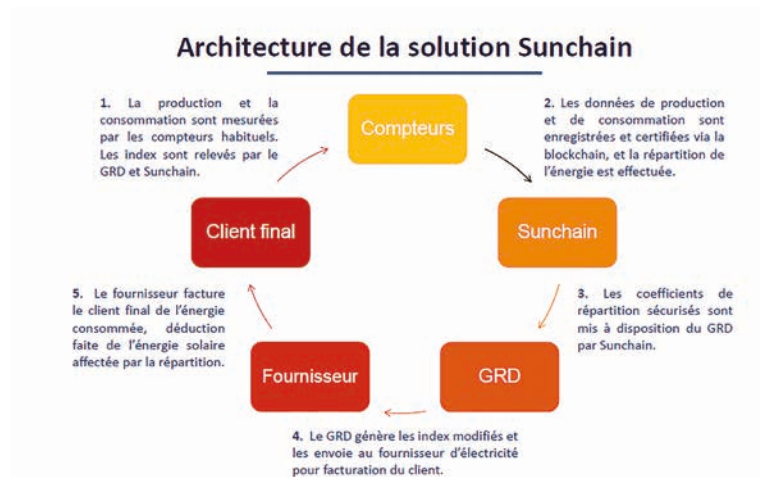
Sunchain – Start Up de TECSOL

Cette jeune start-up crée des réseaux virtuels entre producteurs et consommateurs, en utilisant les données des compteurs électriques. La production des installations solaires et les consommations électriques des participants sont cryptées, signées, et enregistrées dans une blockchain.

La répartition de l'électricité entre les participants est exécutée de façon automatique et certifiée, selon les conditions infalsifiables programmées dans la blockchain.

DESCRIPTION

Utilisation de la plateforme open source Hyperledger Fabric de la fondation Linux. Ici il s'agit d'une blockchain « fermée » avec un nombre d'acteurs limités. Cette solution calcule et communique au gestionnaire du réseau (Enedis) les coefficients de répartition de l'énergie produite entre les participants à l'opération d'autoconsommation. (voir architecture ci-dessous)



Source : Sunchain

Ce projet fait l'objet d'une convention d'expérimentation avec Enedis

Types d'applications envisagées :

- Electricité solaire dans les logements sociaux et lotissements – 1000 logements et/ou résidences
- Electricité solaire sur des bâtiments distincts proches
- Électricité solaire pour la recharge de véhicules électriques (en itinérance)

INNOVATION INDUITE

- Transactions certifiées
- Traçabilité des kWh solaires et possibilité de facturer au logement sa part réelle.
- Transfert automatique sur logiciels du gestionnaire de réseau.
- Comptabilité analytique – tableau de bord.
- Faciliter l'intégration du solaire dans le patrimoine municipal dont les usages sont divers

EN SAVOIR PLUS...

www.sunchain.fr



DAISEE DE LA MYNE

PAYS

France

NOM

Une régie de données énergétique et citoyenne à Prats-de-Mollo
(1 100 habitants – Pyrénées Orientales)

INITIATEUR/PROFIL

DAISEE

Open design program for people who consider Energy as a Common(s).

Il ne s'agit pas d'une start up mais d'un collectif de recherche, programme porté par la Myne (un tiers lieu basé à Lyon – laboratoire de recherche et d'expérimentation citoyen ouvert dédié aux transitions) et Cellabz (qui travaille sur les technologies émergentes – entrer sur des expérimentations de terrain et déconstruire le mythe de la Blockchain)

DESCRIPTION

La commune de Prats-de-Mollo s'est engagée dans une dynamique d'autonomie énergétique. En juillet 2017, création d'une société d'économie mixte (SEM) nommée Prats'ENR dont les membres sont : la commune (60%) ; la régie électrique municipale (20%) et un collectif de citoyens (20%).

DAISEE, en répondant aux appels à projets énergies citoyennes et autoconsommation de la région Occitanie et ADEME, est devenue la filiale R&D de la SEM.

Il s'agit d'accompagner un territoire dans sa quête d'autonomie énergétique en utilisant la technologie blockchain.

Leur objectif est de développer un modèle distribué qui contribue à une gestion des données énergétiques, une appropriation par les citoyens et à construire la gouvernance du réseau électrique.

A Prats-de-Mollo, les motivations de DAISEE sont multiples :

- techniques : compteurs communicants, infrastructure de données et infrastructure physique
- citoyennes : mix énergétique diversifié, favoriser la participation et l'implication citoyenne dans la gestion énergétique
- scientifiques : avoir un cadre d'expérimentation permettant d'être tout le temps en avance par rapport à ce qui se fait, et se permettre de tester.

Le rôle de DAISEE :

- mettre en lien, faciliter le croisement entre acteurs du territoire.
- être producteur de connaissance et de savoir pour faire bouler ailleurs, dans d'autres territoires
- avant tout mettre les gens en capacité de faire

INNOVATION INDUITE

La communauté de contributeurs DAISEE examine aujourd'hui 3 volets :

- 1 Hardware
- 2 Software (Ethereum et autres technologies permettant un système distribué, sécurisé, transparent)
- 3 Infrastructure réseau et gouvernance

Ici la Blockchain est pensée à partir des besoins du territoire.

EN SAVOIR PLUS...

www.daisee.org


I-NUK
PAYS
France/International
NOM
I-NUK
INITIATEUR/PROFIL

I-NUK est une jeune startup française qui a la vocation de réformer le système de crédits de carbone, en créant une application blockchain pour permettre à chaque individu de compenser facilement ses émissions carbone du quotidien, et de réinvestir ces compensations dans la construction de nouvelles centrales solaires.

DESCRIPTION

I-NUK s'appuie sur la blockchain publique Ethereum dans son application. Pour pouvoir compenser les émissions de ses utilisateurs, il est nécessaire de connaître l'équivalent de ces émissions en électricité verte. Pour cela, I-NUK utilise une méthodologie publiée par l'ONU et reconnue par les marchés de crédits carbone.

L'application d'I-NUK calcule en temps réel l'empreinte carbone de toutes sortes de petites actions du quotidien, comme par exemple prendre un taxi, se faire livrer, faire des courses ou prendre l'avion. En plus de cette action carbon offsetting, I-NUK travaille avec des petits producteurs d'énergie solaire (incluant des collectivités) en France et à l'international (installations entre 200-300 KWh) pour les aider à mieux monétiser leur énergie produite. Pour cela, la blockchain d'I-NUK certifie cette énergie en crédits carbone, qui sont ensuite vendus sur le marché.

I-NUK demande à ses partenaires de lui fournir l'accès aux données de production en temps réel, des données générées grâce à des capteurs. De plus, un employé d'I-NUK se rend sur place tout au début du partenariat pour vérifier l'installation solaire en question. Sur la base des données fournies, I-NUK peut faire une estimation de revenu pour ses clients et ensuite certifier leur énergie en crédits carbone.

Le revenu d'I-NUK repose sur un modèle de frais de commission, ce signifie qu'I-NUK touche une commission pour son service (la certification carbone et le carbon offsetting). I-NUK est encore en phase de test avec ses partenaires : son lancement public est prévu en avril 2018.

INNOVATION INDUITE

→ Le processus actuel de certification de carbone mené p.ex. par la Convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique (CCNUCC) est considéré par des observateurs comme n'étant pas assez transparent, trop bureaucratique (le suivi est difficile, avec des audits des installations d'énergie renouvelable faits irrégulièrement) et pas assez tangible. En s'appuyant sur la blockchain Ethereum et ses smart contracts (une règle prédéfinie pour faire un contrat), I-NUK peut faire le processus de certification de façon transparente, efficace, sécurisée et automatisée. La blockchain d'I-NUK sert d'audit permanent et vérifie de manière publique que le processus de certification appliqué est correct.

→ De plus, I-NUK inclut la consommation énergétique induite par l'utilisation d'Ethereum dans la compensation carbone, assurant ainsi la neutralité carbone de sa démarche

→ Le modèle d'I-NUK permet à des petits producteurs d'énergie solaire de mieux valoriser leur énergie produite et de favoriser ainsi le développement de l'énergie propre et locale

EN SAVOIR PLUS...
www.inuk.co



PYLON NETWORK

PAYS

Espagne

NOM

Pylon Network Project

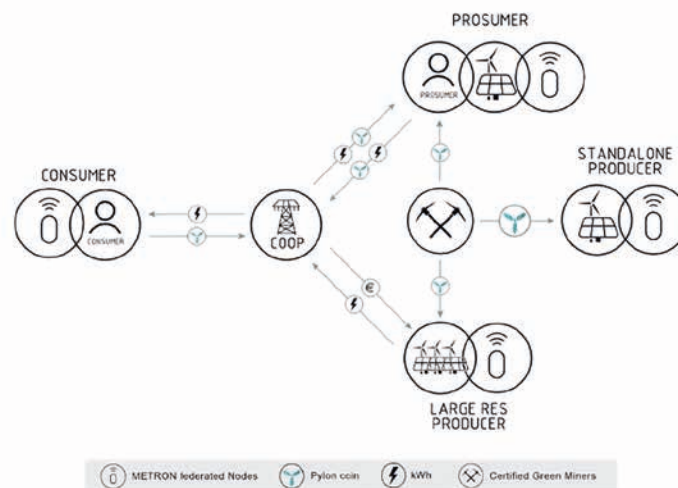
INITIATEUR/PROFIL

KLEENERGY TECH

Une startup européenne basée en Espagne, qui regroupe plusieurs jeunes ingénieurs. A déjà été sollicitée par les géants de l'énergie (p.ex. ENGIE, ENDESA, etc.)

DESCRIPTION

Pylon Network propose d'utiliser la technologie Blockchain pour faciliter la connaissance des flux pour les vendeurs d'énergie. Leur produit s'adresse aux coopératives d'énergies renouvelables. Combinaison d'un compteur intelligent (Metron) et de la Blockchain pour certifier les flux et permettre les échanges virtuels de jetons (monnaies/unités de production de kW verts). La communauté d'énergies renouvelables peut ainsi jouer sur la demande et optimiser les flux en temps réel. Pylon Network utilise la plateforme Ethereum. Pylon coin est basé sur l'algorithme de la crypto-monnaie éthique Fair coin développée par FairCoop.



Source Pylon white paper – Kleenergy Tech

Un pilote grandeur nature sera lancé en 2018 avec la coopérative basque espagnole Goiener (membre de RESCoop.eu). Si le projet est actuellement dimensionné pour le marché espagnol, il a pour ambition de s'étendre à d'autres pays, notamment le Royaume Uni et l'Allemagne.

INNOVATION INDUITE

- Transparence des flux
- Fiabilité et sécurisation
- Accessible à tous
- Serveur basse consommation d'énergie fonctionnant avec l'énergie renouvelable en surplus

EN SAVOIR PLUS...

www.pylon-network.org



TAL.MARKT DES WUPPERTAL STADTWERKE

PAYS

Allemagne

NOM

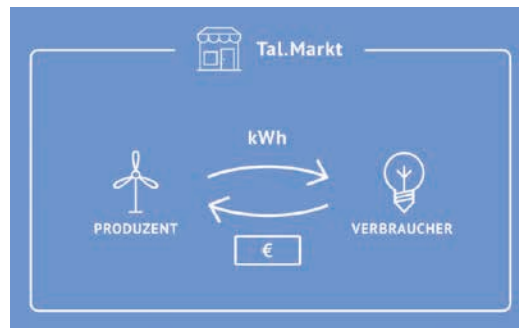
Tal.Markt

INITIATEUR/PROFIL

La Wuppertal Stadtwerke Energie & Wasser AG (WSW) est le fournisseur d'énergie communale de la ville de Wuppertal, qui est située en Allemagne de l'ouest.

DESCRIPTION

La WSW a créé, en coopération avec l'entreprise suisse Elblox, la plateforme blockchain Tal.Markt, qui instaure un marché local et régional de l'énergie renouvelable produite à Wuppertal. L'objectif est de mettre en lien les producteurs locaux d'énergie renouvelable avec les citoyens, notamment les 5000 éoliennes qui ne seront plus aidées par des subventions après 2020.



Source : www.wsw-talmarkt.de

Tal.Markt utilise pour ces transactions une blockchain privée, qui est moins énergivore qu'une blockchain publique et qui permet aussi à la WSW de gérer l'accès des utilisateurs à la plateforme. Les citoyens peuvent utiliser la plateforme gratuitement, tandis que les producteurs locaux paient WSW pour obtenir le droit de vendre leur énergie sur Tal.Markt. De plus, pour le moment seulement des producteurs locaux avec des installations de minimum 30 kWh peuvent accéder à la plateforme. Ainsi, le modèle d'affaires de Tal.Markt est celui d'une place de marché en ligne comme par exemple Amazon.

Tal.Markt est une plateforme adaptée aux besoins du Wuppertal, où il y a beaucoup de villes de tailles moyennes. La WSW veut assurer avec Tal.Markt que la valeur produite reste au niveau local et régional. De plus, la WSW voulait répondre à la demande des habitants du Wuppertal, qui souhaitent de plus en plus obtenir leur énergie de la part de fournisseurs verts, durables et ancrés sur le territoire.

INNOVATION INDUITE

- La blockchain de Tal.Markt est flexible et transparente, et permet aux citoyens de suivre en temps réel le volume d'énergie renouvelable produit et de savoir de quel fournisseur local il provient. La garantie d'origine de l'énergie renouvelable est assurée par l'infailibilité de la blockchain.
- Le service offert par la WSW lui permet non seulement d'obtenir une nouvelle forme de revenu, mais aussi de soutenir les producteurs locaux qui ne pourront plus compter sur le soutien de la loi allemande sur les énergies renouvelables (Erneuerbare Energien Gesetz) après 2020
- En cas de manque d'énergie renouvelable sur Tal.Markt (p.ex. parce qu'il n'y a que peu de vent ou pas de soleil), c'est la WSW qui assure la sécurité d'approvisionnement.
- Tal.Markt permet aussi à des investisseurs de se constituer en groupe de citoyens assez large pour encourager la construction de nouvelles éoliennes ou installations solaires, en dehors du soutien du Erneuerbare Energien Gesetz.

EN SAVOIR PLUS...

www.wsw-talmarkt.de



EXPÉRIMENTATIONS MENÉES PAR LE STADTWERKE ENERGIEVERBUND – GRUENSTROMJETON

PAYS

Allemagne

NOM

Gruenstromjeton

INITIATEUR/PROFIL

La Stadtwerke Energieverbund (SEV) est un groupement de 8 Stadtwerke de la région Kamen en Rhénanie du Nord-Westphalie – les Stadtwerke des villes de Emmerich, Hamm, Ahlen, Froendinger, Haltern am See, Herten, Wickede et les Gemeinschaftsstadtwerke Kamen, Boenen, Bergkamen. La SEV promeut uniquement l'électricité renouvelable produite à l'échelle régionale, et veut spécialement s'adresser aux familles.

DESCRIPTION

La SEV veut offrir à ses clients un nouveau service pour les inciter à utiliser plus d'énergie renouvelable. Pour cela, un client qui possède un compteur intelligent (capable d'enregistrer en temps réel sa consommation d'électricité) reçoit l'accès à un service, qui mesure exactement la proportion d'énergie renouvelable produite dans la consommation d'électricité du client.

Ainsi, le client peut suivre l'évolution de son mix énergétique et l'ajuster. Si un client a une forte part d'énergie renouvelable dans sa consommation, il reçoit une rémunération sous la forme d'une cryptomonnaie nommée Gruenstromjeton. Cette cryptomonnaie aura ensuite une valeur réelle, pour donner aux consommateurs une véritable incitation financière à consommer de l'énergie renouvelable produite sur le territoire de la SEV.

La blockchain utilisée dans ce modèle permet d'assurer la gestion des données échangées (entre les consommateurs et la SEV), mais aussi de réaliser une facturation rapide et efficace de l'énergie consommée. De plus, les transactions sont possibles via des smart contracts de façon automatique dans le registre de la blockchain.

GrünstromIndex und GrünStromJeton

Uhrzeit	Grünstrom	Graustrom	Verbrauch	Grünstrom Jetons	Graustrom Jetons
10:00-11:00	60%	40%	100 Wh	60	40
13:00-14:00	20%	80%	100 Wh	20	80
16:00-17:00	100%	0%	100 Wh	100	0

Source : [stromstunde.de/Thorsten Zörner](http://stromstunde.de/Thorsten_Zörner)

INNOVATION INDUITE

- Les citoyens sont incités à consommer plus d'énergie renouvelable dans leur mix énergétique et favorisent ainsi non seulement le développement des renouvelables sur le territoire, mais en tirent aussi profit eux-mêmes
- La SEV profite de la blockchain notamment pour réduire les coûts de transactions (smart contracts) et les coûts des processus de facturation
- Puisque l'architecture de la blockchain est Open Source, la SEV ne doit pas payer de frais de licence

EN SAVOIR PLUS...

www.energieagentur.nrw/eanrw/sev_gruenstromjetons_blockchain-anwendung_macht_gruenstromverbrauch_sichtbar



L'EXPÉRIMENTATION MENÉE PAR L'ETH ZURICH À WALENSTADT – POWER-ID

PAYS

Suisse

NOM

Power-ID

INITIATEUR/PROFIL

Sandro Schopfer est chercheur à l'Institut de technologie fédéral suisse, ETH à Zurich. Ayant travaillé 5 ans dans l'industrie de l'énergie, il est maintenant professeur pour la gestion de l'information et fait partie du Bits to Energy Lab de l'ETH Zurich, qui explore les nouvelles technologies digitales et ses applications dans l'énergie.

DESCRIPTION

Power-ID est un projet pilote mené par l'ETH Zurich et financé par l'agence d'énergie fédérale suisse dans le village de Walenstadt (5000 habitants), situé dans le canton de St. Gallen. Une société de services énergétiques – en fait une coopérative – est aussi impliquée. L'objectif de ce projet est de créer un petit marché d'énergie locale de pair à pair entre 20 producteurs et 20 consommateurs en utilisant la blockchain.

Ce réseau décentralisé mise sur l'énergie solaire et le stockage (batteries) et vise la couverture au minimum de la moitié des besoins d'énergie de Walenstadt. La mise en lien d'acteurs locaux a pour vocation de réduire les coûts du système pour tous et inciter à la production et consommation d'énergie renouvelable locale.

L'ETH Zurich et la société de services énergétiques n'ont pas encore décidé s'ils veulent utiliser une blockchain publique ou privée pour ce projet pilote. Sur le volet paiement, les parties prenantes se sont mises d'accord pour utiliser la blockchain Ethereum. La blockchain remplira trois fonctions dans le projet : assurer les paiements entre les acteurs impliqués, agir en tant que matchmaker et répartir de façon équitable les coûts du réseau, en tenant en compte des fluctuations de la demande et de l'alimentation en énergie.

Les coûts du réseau seront flexibles en fonction du degré d'autosuffisance à un moment donné – s'il y a beaucoup d'énergie locale produite (p.ex. parce que la journée est ensoleillée), les participants du réseau paieront seulement pour leur propre réseau. Si par contre il est nécessaire d'utiliser de l'énergie venant d'autres réseaux (locaux), les participants devront aussi payer pour les coûts de ce réseau extérieur.

INNOVATION INDUITE

- Echange pair à pair dans un petit réseau décentralisé, qui garde la création de valeur (l'énergie produite et consommée) sur le territoire
- Le développement des coûts du réseau est transparent grâce à la blockchain
- La société de services énergétiques est impliquée dans le projet, mais n'assume pas son rôle traditionnel d'intermédiaire, laissant ainsi la place à l'émancipation des producteurs et consommateurs qui participent au réseau
- Au lieu de payer un premium sur l'énergie produite localement, ce projet pilote veut réduire le coût de l'énergie locale pour renforcer sa valeur et accroître son attraction vis-à-vis des citoyens
- Finalement, dans ce projet pilote le coût du réseau est déterminé de façon bottom-up, au lieu d'être imposé top-down par les grands opérateurs de réseaux

EN SAVOIR PLUS...

Responsable de projet : Sandro Schopfer, ETH Zurich
www.im.ethz.ch/people/sschopfer.html



NRGCOIN

PAYS

Belgique

NOM

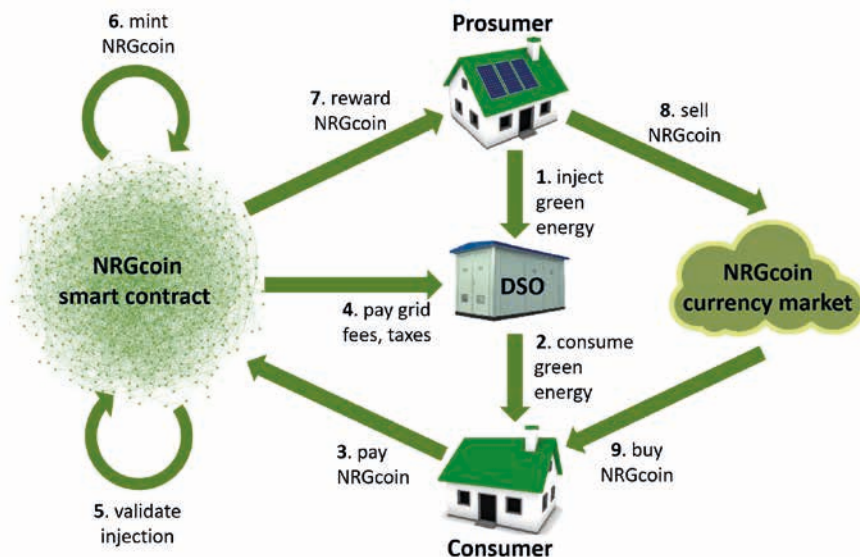
NRGcoin

INITIATEUR/PROFIL

Le concept NRGcoin a été développé par des chercheurs de la Vrije Universiteit Brussel (VUB), en partenariat avec la PME Sensing & Control Systems située à Barcelone, dans le cadre du projet européen Scanergy. La startup belge Enervalis, basée à Limburg, souhaite maintenant commercialiser le NRGcoin, d'abord dans des villes belges et néerlandaises, et par la suite dans d'autres villes européennes. Pour cela, Enervalis a obtenu des financements de l'agence flamande pour l'innovation et l'entrepreneuriat VLAIO pour une durée de trois ans.

DESCRIPTION

L'idée derrière NRGCoin est de répondre à la subvention inadéquate (pas assez flexible) des énergies renouvelables et d'inciter les citoyens à consommer de l'énergie renouvelable locale en les rémunérant avec la cryptomonnaie NRGcoin. NRGcoin utilise les smart contracts de la blockchain Ethereum pour miner automatiquement et de façon immuable des nouveaux NRGcoins pour chaque KWh en énergie renouvelable injecté par un prosommateur au bon moment – quand il rencontre la demande locale – dans le réseau. Ainsi, la suralimentation n'est pas rémunérée. De plus, les smart contracts ici servent à gérer l'achat et la vente d'énergie (pas l'échange). Le prosommateur peut vendre ses NRGcoins obtenus sur le marché de devises NRGcoin. Sur ce marché, on peut acheter des NRGcoins en utilisant la fiat monnaie (Euros p.ex.). Ainsi, les NRGcoins peuvent être convertis en monnaie réelle si le prosommateur veut obtenir son profit.



Source : NRGCoin

INNOVATION INDUITE

En utilisant la blockchain Ethereum, NRGcoin profite des avantages de cette blockchain (désintermédiation, transparence, décentralisation, fiabilité et indélébilité). De plus, NRGcoin veut valoriser les installations d'énergie renouvelables de ces prosommateurs, assurer une gestion d'un marché local qui n'impacte pas la capacité du réseau et rendre la consommation d'énergies renouvelables produites localement moins chère.

EN SAVOIR PLUS...

www.nrgcoin.org/faq



BROOKLYN MICROGRID

PAYS

Suisse

NOM

Brooklyn microgrid (BMG)

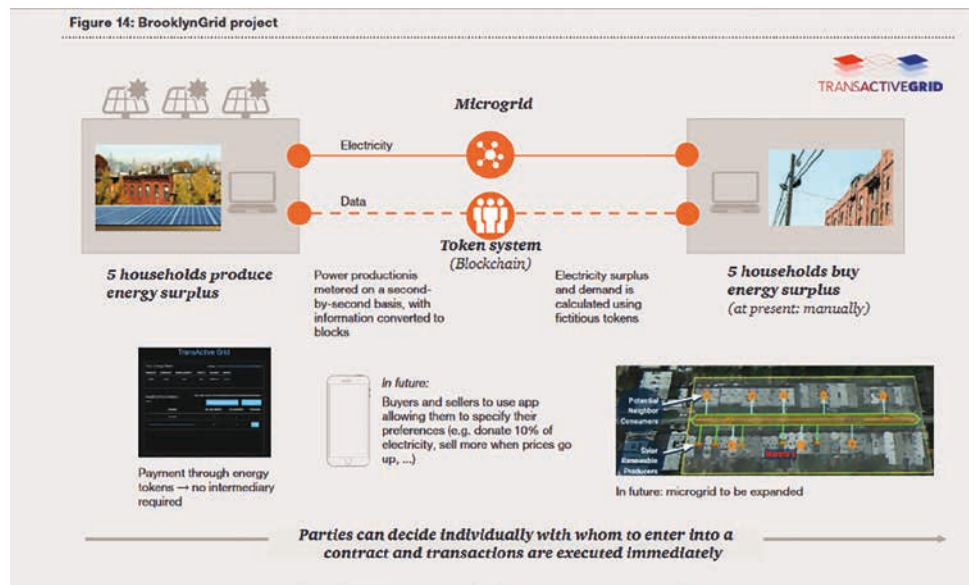
Projet de système électrique décentralisé communautaire à l'échelle d'un quartier

INITIATEUR/PROFIL

TransactiveGrid, joint-venture composée de Lo3 Energy, une société de conseil qui développe des systèmes décentralisés dans l'énergie et l'environnement, et de ConSenSys, une startup qui développe des applications sur la technologie blockchain. Deux autres acteurs jouent un rôle clé dans ce projet : ConEdison, fournisseur local disposant d'un réseau traditionnel auquel se rattache BMG, et CLEAResult qui propose des solutions d'efficacité énergétique aux particuliers et entreprises. Ce projet est soutenu par l'Etat de New-York, via New York State Energy Research and Development Authority.

DESCRIPTION

Inauguré en 2016 dans les quartiers Park Slope et Gowanus, ce microgrid est construit à partir de la plateforme Ethereum. Des panneaux solaires installés sur le toit de cinq bâtiments résidentiels produisent de l'électricité dont le surplus est revendu aux voisins. Ces bâtiments sont connectés sur un réseau conventionnel dont les transactions sont gérées et stockées via une blockchain. L'un des objectifs du projet est de créer une communauté énergétique renouvelable locale. 130 nouveaux foyers auraient manifesté leur envie de rejoindre un tel réseau.



Source Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers? - PwC

INNOVATION INDUITE

- Peer to peer
- Technologie de smart contracts et paiements effectués à travers une monnaie virtuelle (Ether)
- « un marché de l'énergie communautaire et partagé », les surplus d'électricité s'échangeant entre voisins, via des transactions sécurisées

EN SAVOIR PLUS...

www.brooklynmicrogrid.com



SOLARCOIN

PAYS

International

NOM

SolarCoin

INITIATEUR/PROFIL

SolarCoin Foundation, fondation américaine composée de scientifiques bénévoles du monde entier. ElectricChain agit en tant que site affilié de la fondation.

DESCRIPTION

Lancée en 2014, le SolarCoin est une crypto-monnaie, monnaie virtuelle, dont l'objectif est de promouvoir les énergies renouvelables, en permettant à tous les producteurs d'énergie solaire d'obtenir une rémunération dépendant de la quantité d'énergie produite. Les producteurs d'énergie solaire peuvent réclamer 1 SolarCoin pour 1 MWh produit et injecté sur le réseau. Tout détenteur d'une installation photovoltaïque peut participer à ce réseau. La certification de l'origine solaire d'un MWh passe par la blockchain. L'objectif est d'inciter à l'installation de 3 000 GW de panneaux solaires photovoltaïques d'ici à 2050 (contre 300 GW début 2017). Les fondateurs ont ainsi décidé de créer 98 milliards de SolarCoins, permettant d'assurer la distribution de SolarCoins pendant 40 ans.

MWh générés par une installation solaire



Information vérifiée



La Fondation SolarCoin et la Communauté



Les SolarCoins sont octroyés au Générateur par la Fondation



Source : SolarCoin

Le symbole monétaire du SolarCoin est « § », son sigle SLR. En France, SLR est utilisée par la plate-forme française de financement participatif, Lumo Certains distributeurs d'énergie, comme ekWateur, l'acceptent comme moyen de paiement. Pour pouvoir prétendre à des SolarCoins, il faut produire de l'électricité solaire photovoltaïque, et être en mesure de le prouver. La Fondation vérifie que le dossier est valide et que l'énergie a bien été produite, puis elle transmet les SolarCoins au producteur, qui les collecte dans un portefeuille dédié – toutes ces opérations demeurent inscrites et visibles dans la blockchain. Chaque SolarCoin est donc la preuve qu'un MWh d'énergie solaire a été produit, et c'est ce qui fonde sa valeur en tant que monnaie. Ces jetons seront par la suite échangés sur une place de marché sans intermédiaire, où seule la loi de l'offre et de la demande fixera les prix de l'énergie.

INNOVATION INDUITE

- Peu gourmand en énergie
- Permet de réduire la durée d'amortissement de l'installation solaire
- Une évolution souhaitée par les initiateurs : La reconnaissance de cette monnaie par les collectivités territoriales

EN SAVOIR PLUS...

www.solarcoin.org

AUTRES EXEMPLES

Ces autres exemples répertoriés ne figurent pas dans cette note exploratoire en détail, mais seront néanmoins évoqués pour compléter la gamme d'expérimentations menées en ce moment sur l'application de la blockchain dans le secteur de l'énergie :

➔ **LA VILLE DE RIGA**, capitale de la Lettonie, veut profiter de la sécurité offerte par la blockchain pour attirer plus d'investissements privés vers un fonds renouvelable qui financerait la rénovation de ses bâtiments privés ;

➔ **LE QUARTIER DE LYON CONFLUENCE** sera le site pilote d'une blockchain (déployé par Bouygues Immobilier) pour contrôler collectivement un réseau intelligent de distribution d'électricité et assurer que l'énergie produite localement soit consommée sur place ; www.bouygues-immobilier-corporate.com/news-room/bouygues-immobilier-sassocie-stratumn-et-energisme-pour-deployer-une-blockchain-pour-smart

➔ **LA VILLE DE COPENHAGUE AINSI QUE L'ÎLE DANOISE SAMSO** coopèrent avec la startup Blockchain Labs for Open Collaboration pour tester la technologie blockchain sur leurs territoires (p.ex. mise en place d'un réseau décentralisé, mise en lien d'infrastructure renouvelable existante à travers la blockchain) ; www.un-bloc.com/project/energy

➔ Wien Energie, le service énergétique de **LA VILLE DE VIENNE**, a mis en place un projet pilote blockchain pour faciliter l'échange d'énergie sur le marché en gros ; www.coindesk.com/wien-energie-preparing-blockchain-world-energy-markets

➔ **LES SERVICES INDUSTRIELS DE SIX VILLES SUISSES**, dont Genève, Lausanne et Berne, vont mettre en place une coopération pour identifier en 2018 des applications concrètes de la blockchain et les mettre en œuvre à travers des projets pilotes. Pour cela, ils utilisent l'infrastructure blockchain de la Energy Web Foundation, une organisation (Shell, Engie, etc. en sont membres) qui veut identifier les différentes applications de la blockchain dans le secteur de l'énergie ; www.ictjournal.ch/news/2017-12-01/les-services-industriels-de-six-villes-suissees-cooperent-dans-la-blockchain

➔ **LA STARTUP WEPower**, basée à Gibraltar et soutenue notamment par l'initiative UE CIVITAS, veut mettre en place une plateforme blockchain pour faciliter l'échange de l'énergie verte en utilisant une sorte de cryptomonnaie (Tokens) ; www.wepower.network

➔ **OURPOWER**, le fournisseur d'énergie sans but lucratif écossais sera impliqué dans un projet pilote (CEDISON) financé par le gouvernement britannique, qui explorerait le potentiel de la blockchain dans des réseaux d'énergie décentralisés à l'échelle rurale et urbaine ; www.our-power.co.uk

OPPORTUNITÉS ET POINTS DE VIGILANCE POUR UNE COLLECTIVITÉ

Derrière la blockchain, il n'y a pas d'organisation institutionnelle ni de personnes identifiées. Cela pose des questions de contrôle et aussi de responsabilité. Si tout est décentralisé, le pouvoir est certes réparti, mais il n'y a plus personne vers qui se tourner en cas de problème. Si le caractère immédiat et irréversible du code permet d'automatiser des contrats, il est aussi contraire à notre logique juridique : un citoyen peut ne pas se soumettre aux règles et être ensuite jugé, contester le droit. Le code, lui, s'exécute. Si la traçabilité peut-être gage de transparence, elle interroge aussi l'enregistrement de nos données. Ces questions éthiques et juridiques restent ouvertes.

Compte-tenu de tout cela, quelles sont les opportunités et points de vigilance pour une collectivité qui souhaiterait utiliser des solutions blockchain dans sa politique énergétique ? Ci-dessous un premier décryptage, basé en partie sur les applications potentielles et les exemples décrits plus haut.

OPPORTUNITÉS/AVANTAGES

- ➔ Une technologie transparente et vérifiable
 - ➔ Une réserve de données fiable, partagée, confidentielle et non réfutable
 - ➔ Transactions sécurisées en temps réel
-
- ➔ Réduction des coûts de transactions
 - ➔ Simplification de la gestion/administration d'un service
-
- ➔ Permet facilement la mise en place d'un réseau d'échange pair à pair [« Commons 3.0 »]
-
- ➔ Réduire le coût de la facture énergétique pour les consommateurs vulnérables
-
- ➔ Ouvrir la porte à des nouvelles possibilités de rémunération et de création de valeur locale

POINTS DE VIGILANCE

- ➔ Confiance et sécurité pas totalement infaillibles
-
- ➔ La blockchain peut être énergivore et chère
 - ➔ La capacité de l'infrastructure énergétique à absorber un flux massif de projets blockchain
-
- ➔ Déplacer notre confiance vers la technologie, et ceux qui l'élaborent
 - ➔ La blockchain et l'hyper-individualisation ?
-
- ➔ La complexité de la blockchain pour les « petits » consommateurs
-
- ➔ L'existence d'un cadre politique et légal au niveau national / européen pour le déploiement de la blockchain
-
- ➔ **Question centrale : a-t-on toujours besoin de la blockchain ? quels sont les coûts et bénéfices par rapport à une solution classique ?**

OPPORTUNITÉS/AVANTAGES

UNE TECHNOLOGIE TRANSPARENTE ET VÉRIFIABLE

Un avantage évident de la blockchain est non seulement sa capacité à assurer la transparence des transactions qu'elle traite, mais aussi sa façon ingénieuse de vérifier ces transactions en effectuant un audit en permanence, sans qu'une intervention humaine soit nécessaire.

UNE RÉSERVE DE DONNÉES FIABLE, PARTAGÉE, CONFIDENTIELLE ET NON RÉFUTABLE

La blockchain constitue une réserve de données fiable, partagée, confidentielle et non réfutable. A chaque nouveau bloc miné, le nouveau livre des transactions est partagé avec l'entière du réseau. Chaque transaction inscrite dans un bloc ratifié devient ainsi vérifiable par tous les utilisateurs du réseau. Si on voulait modifier un bloc, il faudrait changer de la même manière toutes ses copies disponibles, ce qui serait un travail extrêmement chronophage.

TRANSACTIONS SÉCURISÉES EN TEMPS RÉEL

La technologie blockchain sécurise aussi en temps réel toutes les transactions qu'elle traite, même de façon automatisée s'il s'agit de smart contracts et/ou d'applications décentralisés et autonomes.

RÉDUCTION DES COÛTS DE TRANSACTIONS

L'efficacité de la blockchain dans le traitement des transactions permet de baisser leur coût. De plus, le système des smart contracts et sa façon d'exécuter automatiquement les transactions nécessaires (p.ex. assurant l'équilibre entre la demande et l'alimentation en énergie, en transférant un excédent d'énergie produite dans le stockage) ont le potentiel d'améliorer encore plus l'efficacité des transactions.

SIMPLIFICATION DE LA GESTION/ADMINISTRATION D'UN SERVICE

La blockchain peut gérer de manière autonome les transactions (en utilisant des paramètres prédéfinis), simplifiant ainsi la gestion et l'administration d'un service. Pour des collectivités ayant de moins en moins de ressources humaines à leur disposition, cette délégation de responsabilité envers la blockchain pourrait soulager les effectifs et libérer des capacités.

PERMET FACILEMENT LA MISE EN PLACE D'UN RÉSEAU D'ÉCHANGE PAIR À PAIR (« COMMONS 3.0 »)

Un autre avantage de la blockchain est sa capacité à faciliter la mise en place d'un réseau d'échange pair à pair transparent, sécurisé, efficace et économiquement attractif pour ses utilisateurs, sans avoir besoin d'un intermédiaire traditionnel comme p.ex. une société de services énergétiques.

RÉDUIRE LE COÛT DE LA FACTURE ÉNERGÉTIQUE POUR LES CONSOMMATEURS VULNÉRABLES

Puisque la blockchain permet de réduire le coût des transactions (et ainsi du système en entier), ces gains acquis pourront être utilisés pour diminuer la facture énergétique de consommateurs vulnérables et amener à faire baisser la précarité énergétique.

OUVRIR LA PORTE À DES NOUVELLES POSSIBILITÉS DE RÉMUNÉRATION ET DE CRÉATION DE VALEUR LOCALE

Comme l'exemple de Tal.Market l'a démontré, la blockchain peut offrir aux collectivités de nouvelles sources de revenus et créer de la valeur locale. De plus, la collectivité – à travers p.ex. son service énergétique – pourrait même devenir une sorte de « nouvel intermédiaire », en facilitant et gérant avec la blockchain l'échange pair à pair, les réseaux décentralisés et l'autoconsommation collective.

POINTS DE VIGILANCE

CONFIANCE ET SÉCURITÉ TOTALEMENT INFAILLIBLES ?

Malgré tout, la blockchain n'est pas infaillible. Comme tous les utilisateurs font confiance au même code, si celui-ci a un défaut, le réseau entier pourrait être en péril. De plus, les chercheurs Laurent Dehouck (ENS Rennes) et Audrey Thomas (ENSAM) ont identifié un nombre d'attaques possible qui pourraient nuire à la confiance en et à la sécurité de la blockchain :

Quelques exemples d'attaques possibles qui diminuent la sécurité d'une blockchain

Les attaques « Man-in-the-middle-attack » : un « pirate » intercepte et transmet des informations en les modifiant sur la blockchain. Comme les transactions de validité ne sont pas auditées, il est possible d'insérer des transactions invalides qui ont l'air valides dans le registre (le livre de compte).

Les attaques « SYN-Flood » : elles consistent à envoyer des requêtes rapidement et de manière répétée jusqu'à ce que la cible soit saturée et qu'elle n'ait plus assez de puissance pour légitimer et contrôler le trafic.

Les attaques « Sybil » : un agresseur rentre dans le réseau blockchain grâce à des nœuds qu'il contrôle. Les mineurs associés à ces nœuds sont les siens. Il constitue ainsi un réseau de trafiquants, ce qui facilite ses futures attaques.

Les attaques « Éclipse » : elles provoquent des séparations du réseau en plusieurs groupes. Les utilisateurs d'un groupe ne peuvent rejoindre ceux d'un autre groupe et les chaînes continuent de s'étendre dans chacun des groupes. Il faut recevoir un bloc d'une chaîne inconnue pour que les utilisateurs prennent conscience de l'existence d'un autre groupe et puissent résoudre ce problème.

Source : « Les risques des blockchains », Laurent Dehouck & Audrey Thomas

Ainsi la fiabilité de la blockchain n'est pas toujours assurée : une blockchain ne « sait » pas ce qui se passe dans le monde réel, mais dépend de quelqu'un qui doit insérer cette information dans son réseau. L'importation automatique de ces données en temps réel (p.ex. un vol a été annulé, mais l'information n'a pas été insérée sur l'application) dans la blockchain n'est pas encore résolue.

LA QUESTION DE RESPONSABILISATION

Qui est le responsable dans un système décentralisé et sans intermédiaire ? La blockchain est selon les juristes un système de gouvernance sans personne morale, qui utilise des smart contracts qui ne répondent pas à la définition classique du contrat (identification, consentement). Comment peut-on ainsi résoudre des conflits (juridiques) et tenir quelqu'un pour responsable ? Un système de gouvernance et de responsabilisation reste encore à dessiner pour gérer la blockchain et l'innovation qu'elle amène.

DÉPLACER NOTRE CONFIANCE VERS LA TECHNOLOGIE, ET CEUX QUI L'ÉLABORENT

La blockchain déplace la confiance vers la technologie, et, encore plus important, vers ceux qui l'élaborent (p.ex. mineurs, développeurs de software, etc.). Elle a vocation de remplacer certains intermédiaires traditionnels (p.ex. banquiers, notaires, société de services énergétiques, etc.), mais à quel prix pour le fonctionnement de la société ? Ces nouveaux intermédiaires – qui pourront de plus constituer une porte d'entrée importante pour les GAFA (Google, Amazon, Facebook, Apple) - auront-ils notre préférence ?

LA BLOCKCHAIN ET L'HYPER-INDIVIDUALISATION ?

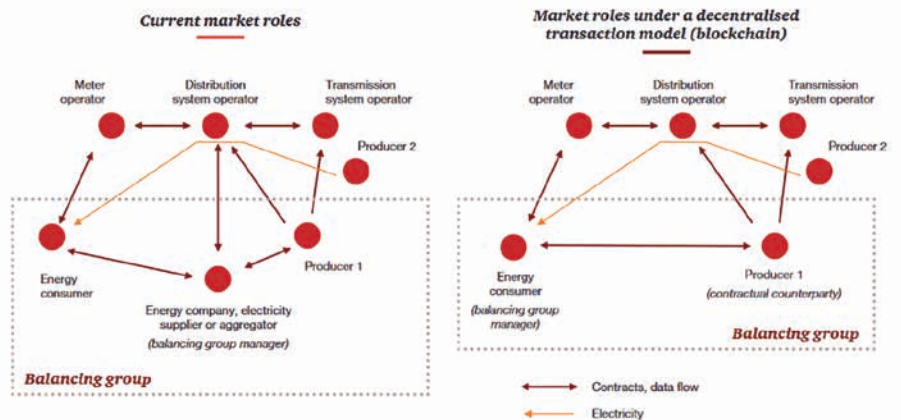
Michel Bauwens, le pionnier belge de l'économie du « pair à pair », constate que la blockchain repose « sur une vue du monde hyper individualisée, où il n'y a pas de collectif, de communauté. Ce qui ne veut pas dire qu'il ne peut pas y avoir d'autres utilisations de la blockchain. Certains y voient une augmentation de la capacité d'organisation des individus ». Bauwens critique aussi la blockchain pour son totalitarisme libertaire, puisque beaucoup de ses partisans voient en elle un moyen d'en finir avec l'Etat et d'autres organisations. Néanmoins, il note aussi que la blockchain serait la promesse d'une nouvelle organisation, en facilitant l'auto-organisation humaine. Ainsi, les forces progressistes qui défendent l'équité, la durabilité et la justice sociale, devraient s'approprier la blockchain pour l'amener sur la voie de l'empowerment du collectif.

LE CADRE POLITIQUE ET LÉGAL AU NIVEAU NATIONAL / EUROPÉEN PERMET-IL LE DÉPLOIEMENT DE LA BLOCKCHAIN ?

Plusieurs experts interviewés pour cette note constatent que la blockchain se trouve dans une zone de flou (greyzone) légale et politique en Europe. Malgré le fait que l'UE et ses institutions commencent à creuser la question blockchain, elles n'ont pas encore légiféré sur la blockchain et son application dans l'énergie. La situation est similaire dans beaucoup d'Etats membres. Certains interlocuteurs des exemples évoqués précédemment perçoivent ceci néanmoins comme une bonne chose, puisque ceci permettrait à l'innovation et l'expérimentation de fleurir. Une chose est claire : établir un cadre légal et politique favorable à la

massification de la blockchain dans l'énergie nécessiterait beaucoup de changements dans la législation actuelle, comme l'a constaté par exemple PwC dans son étude blockchain effectuée à la demande de la représentation des consommateurs de la Rhénanie-Nord-Westphalie (Verbraucherzentrale NRW).

Figure 15: Current market roles vs. market roles in a blockchain-based system



Source : PwC

LA BLOCKCHAIN, ÉNERGIVORE ET CHÈRE

Malgré son efficacité et sa capacité à réduire le coût des transactions, la blockchain demeure néanmoins une technologie encore gourmande en argent et énergie : Ethereum par exemple, consomme 5 TWh/an, et chaque transaction coûte 30 cents. Fabriquer de la cryptomonnaie nécessite d'avoir des ordinateurs très performants et demande beaucoup d'électricité : le site spécialiste Digiconomist a conclu que la maintenance du système bitcoin actuel nécessitait l'équivalence de la consommation électrique du Danemark. De plus, assembler l'expertise et les ressources pour couvrir le montage, les coûts d'opération et la mise en œuvre d'une blockchain publique demanderait un investissement important pour les collectivités.

EST-CE QUE L'INFRASTRUCTURE ÉNERGÉTIQUE PEUT ABSORBER UN FLUX MASSIF DE PROJETS BLOCKCHAIN ?

Considérant l'argument précédent de la gourmandise financière et énergétique de la blockchain, il est peu probable que l'infrastructure énergétique actuelle en Europe et au niveau national puisse être en capacité d'absorber un afflux massif de projets blockchain. Le réseau énergétique en Europe peine encore actuellement à intégrer partout un nombre croissant d'énergies renouvelables et de systèmes de stockage.

LA COMPLEXITÉ DE LA BLOCKCHAIN POUR LES « PETITS » CONSOMMATEURS

La gestion de contrats avec les autres participants, et le pilotage des appareils de production, de stockage et de consommation d'énergie représentent une complexité élevée par rapport à l'intérêt que la plupart des consommateurs portent à leur approvisionnement en électricité. Cette complexité peut également limiter la confiance des consommateurs en un montant facturé qui ne dépendrait plus seulement des index de consommation indiqués sur le compteur et d'un tarif simple donné par le fournisseur. Enfin, la participation de « petits » consommateurs à un marché local de l'énergie peut les exposer à un risque de prix inacceptable pour eux.

EST-CE QU'ON A TOUJOURS BESOIN DE LA BLOCKCHAIN ?

Le dernier point de vigilance est l'un des plus importants : est-ce que j'ai vraiment besoin de la blockchain pour mettre en place mon projet d'énergie ? A priori celle-ci est pertinente, comparé à une solution classique, lorsque de multiples acteurs doivent écrire de l'information dans une base de données partagée et lorsque ceux-ci ne se font pas particulièrement confiance et lorsqu'il n'y a pas de tiers de confiance existant ou que celui-ci n'inspire pas suffisamment confiance. Quelle est la valeur ajoutée à utiliser la blockchain ? Plusieurs interlocuteurs des exemples que nous avons identifiés nous ont confirmé qu'en théorie ils auraient pu mettre en place leur projet pilote et expérimentation sans la blockchain. Malgré cela, ils ont constaté que la blockchain offrait quand même des avantages (évoqués dans la partie des opportunités et applications) qui justifient son expérimentation.



PERSPECTIVES ET CONCLUSION

Il est assez complexe de décrire précisément les perspectives tangibles pour les collectivités locales à utiliser la blockchain car, on l'a vu, les applications dans l'énergie en sont au stade de l'expérimentation ou du pilote. D'ailleurs ces initiatives parfois peuvent être pensées exclusivement « techno-centrées » oubliant que la Blockchain est un moyen et non une fin en soi.

Les collectivités doivent pouvoir s'en saisir avec l'envie de questionner les modes de gouvernance actuels de l'énergie souvent peu propices à prendre en compte la motivation des citoyens et celle des autres acteurs du territoire à vouloir être acteurs à part entière de l'énergie locale. Il s'agit donc d'une question de changement de mode de gouvernance, c'est sous ce prisme que décliner des projets Blockchains prendra un sens pour l'énergie locale.

Les experts interviewés nous ont indiqué qu'une collectivité ne devrait pas se lancer dans un projet blockchain juste pour suivre le « hype » de la blockchain, mais qu'elle devrait avoir recours à l'utilisation de la blockchain seulement après avoir pris une décision réfléchie sur la valeur ajoutée que cette technologie pourrait apporter à sa politique énergétique locale, et comment elle pourrait aider à pousser le changement systémique du système énergétique actuel.

Pendant le Smart City Expo World Congress à Barcelone cette année, Andrew Collinge, chef du service Smart Cities de la Greater London Authority, a bien résumé l'enjeu de la blockchain pour les collectivités dans le panel « La ville en tant que plateforme » (en anglais) :

Collinge noted that city leaders need to better prepare for the implications of technologies such as blockchain. He argued that while they may have a high level understanding of the technology there's typically «**zero comprehension**» of the **impact** it could have for government and the communities it serves. «That absolutely has to change,» Collinge commented. **“It's a matter of urgency that public services, and the leadership of those public services, is able to anticipate technology and the disrupted business models it creates;** and that it can respond to that by setting out the key demands ».

(Source : Smart Cities Dive)

EXPERTS INTERVIEWÉS

➔ **CLAIRE BLAVA**

CEO Blockchain Partner

➔ **ANDRÉ JOFFRE**

PDG TECSOL

➔ **KIRSTEN HASBERG**

Aalborg University - CPH IT University CPH -
BlockchainHub Berlin - StromDAO @energydemocracy

➔ **MIHAIL MIHAYLOV**

chercheur à la Vrije Universiteit Brussel et pour Enervalis
(Projet: NRGCoin)

➔ **TIMURS SAFIULIS**

directeur de l'agence énergie de la ville de Riga

➔ **ALASTAIR MARKE**

fondateur du International Core Group on
Blockchain Climate Finance

➔ **SOEREN HOEGEL**

Directeur de la section stratégie & développement,
Stadtwerke Wuppertal

➔ **RIEUL TÉCHER**

Core contributeur DAISEE - InternetS of Energy : Energy as a
Common - Contributeur Actif de la MYNE - Laboratoire ouvert
anti-disciplinaire de modes de vie durables

➔ **AUGUSTIN ROIG & EUGENIO MOLINER**

Pylon Network – la première plateforme d'échange
d'énergie décentralisée alimentée par les énergies
renouvelables (Espagne)

➔ **SANDRO SCHOPFER**

chercheur à l'ETH Zurich



BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION, DÉFINITION & PROBLÉMATIQUE

www.blockchainfutureslab.wordpress.com
www-01.ibm.com/common/ssi/cgi-bin/ssialias?htmlfid=XIM12354USE&lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_search_srp_content%3B3aM7RXPOScm%2Fj7SVe84t4w%3D%3D
www.energystream-wavestone.com/2016/09/faq-blockchain-les-reponses-part-1
www.energypedia.info/wiki/Blockchain_Technologies_For_the_Energy_Access_Sector
www.gimelec.fr/Actualites/Evenements/La-blockchain-appliquee-a-l-energie-le-grand-chambardement-10-octobre-2017-Paris
www.smartgrids-cre.fr/index.php?p=blockchain
www.franceculture.fr/emissions/pixel/blockchain-comprendre-ce-que-pourrait-changer-cette-revolution-numerique
www.azocleantech.com/article.aspx?ArticleID=675
www.siecldigital.fr/2016/10/10/la-blockchain-pour-les-nuls
www.7x7.press/7-questions-pour-enfin-comprendre-la-technologie-blockchain
fr.wikipedia.org/wiki/Preuve_d'enjeu
fr.wikipedia.org/wiki/Preuve_de_travail
www.blogchaincafe.com/les-dapps-applications-distribuees-decentralisees
www.latribune.fr/technos-medias/cycle-de-la-hype-2017-quelles-sont-les-technologies-les-plus-en-vogue-du-moment-747221.html

PLATEFORMES BLOCKCHAIN

www.ethereum.org
www.hyperledger.org
www.coindesk.com/energy-sector-giants-turn-to-ethereum-to-test-blockchain-potential

APPLICATIONS DANS L'ÉNERGIE

spectrum.ieee.org/computing/networks/blockchains-will-allow-rooftop-solar-energy-trading-for-fun-and-profit
www.pwc.com/gx/en/industries/assets/pwc-blockchain-opportunity-for-energy-producers-and-consumers.pdf
www.dena.de/newsroom/revolutioniert-blockchain-die-energiwirtschaft
shop.dena.de/fileadmin/denashop/media/Downloads_Dateien/esd/9165_Blockchain_in_der_Energiewende_englisch.pdf
www.disruptionhub.com/blockchain-enabling-mobility-service-maas
www.e-cube.com/fr/wp-content/uploads/2017/11/171107_E-CUBE_NouveauxModelesConsommateur-Producteur_v10_FR.pdf
www.e-cube.com/fr/wp-content/uploads/2017/11/Autoconsommation-collective-et-blockchain-2017.pdf
www.fastcompany.com/40479414/can-personal-carbon-trading-take-off-on-the-blockchain
www.theguardian.com/cities/2016/apr/22/hullcoin-bitcoin-volunteers-new-way-pay
www.coindesk.com/ven-qa
www.coindesk.com/hullcoin-worlds-first-local-government-cryptocurrency

EXEMPLES

www.finextra.com/blogposting/14216/the-eu-and-blockchain-taking-the-lead
www.newscientist.com/article/2079334-blockchain-based-microgrid-gives-power-to-consumers-in-new-york/?lipi=urn%3Ali%3Apage%3Ad_flagship3_pulse_read%3BD7fQVq%2FtYmfieEuAcVTnw%3D%3D
www.coindesk.com/siemens-blockchain-microgrid-lo3-ethereum
www.coindesk.com/ethereum-used-first-paid-energy-trade-using-blockchain-technology
www.solarcoin.org
www.un-bloc.com/project/energy
www.energyweb.org
www.klenergy-tech.com
www.metron.es
www.pylon-network.org
www.fastcompany.com/40479952/this-blockchain-based-energy-platform-is-building-a-peer-to-peer-grid
datanews.levif.be/ict/actualite/des-banques-et-le-secteur-de-l-energie-vont-developper-conjointement-une-plate-forme-blockchain/article-normal-750383.html
www.wepower.network
www.onestepoffthegrid.com.au/peer-peer-solar-trading-kicks-off-wa-housing-development
www.thewest.com.au/news/regional/trial-attracts-international-attention-ng-b88414054z
www.bitcoinmagazine.com/articles/an-energy-blockchain-for-european-prosumers-1462218142
www.nrgcoin.org/faq
https://www.nrgcoin.org/assets/pdf/Boosting_the_Renewable_Energy_Economy_with_NRGcoin.pdf
[www.bdew.de/internet.nsf/id/ACB2E2DBE9CCE7FEC12581780052F02E/\\$file/20171023_PwC_BDEW_Blockchain%20Radar_DE.pdf](http://www.bdew.de/internet.nsf/id/ACB2E2DBE9CCE7FEC12581780052F02E/$file/20171023_PwC_BDEW_Blockchain%20Radar_DE.pdf)
www.energieagentur.nrw/eanrw/sev_gruenstromjetons_blockchain-anwendung_macht_gruenstromverbrauch_sichtbar
www.inuk.co/copy-2-of-home-1
www.windpowermonthly.com/article/1450798/blockchain-platform-launched-market-local-wind-power
www.wsw-talmarkt.de/#/frequently-asked-questions
www.daisee.org
www.hackaday.io/project/10879-2016-internets-of-energy-call-me-daisee
docs.google.com/presentation/d/1UD4S_QBYSI3giTZUEYaM40xziMrjn_lfCiAePdDbstI/edit?usp=sharing
www.ictjournal.ch/news/2017-12-01/les-services-industriels-de-six-ville-suissees-cooperent-dans-la-blockchain

OPPORTUNITÉS ET POINTS DE VIGILANCE

www.zdnet.com/article/yes-blockchain-could-reverse-the-course-of-civilization-and-upend-the-worlds-most-powerful-companies
spectrum.ieee.org/computing/networks/blockchains-how-they-work-and-why-theyll-change-the-world?lipi=urn%3Ali%3A-page%3Ad_flagship3_search_srp_content%3B3aM7RXPOSCm%2Fj7SVe84t4w%3D%3D
newsroom.unfccc.int/climate-action/how-blockchain-technology-could-boost-climate-action
www.lemonde.fr/smart-cities/article/2017/09/27/la-blockchain-ouvre-le-champ-des-possibles-pour-la-smart-city_5192463_4811534.html
www.energie-und-management.de/nachrichten/alle/detail/revolution-oder-rohrkrepierer-115536
www.sueddeutsche.de/wissen/energie-wie-blockchain-technik-das-energiesystem-revolutionieren-kann-1.3117309
www.innoenergy.com/wp-content/uploads/2016/10/Kirsten-Hasberg_Blockchain_Opening_Event_Berlin.pdf
www.neueenergie.net/wirtschaft/markt/ein-neues-geschaeftsmodell-fuer-anlagenbetreiber
www.hbr.org/2016/05/the-impact-of-the-blockchain-goes-beyond-financial-services?referral=03759&cm_vc=rr_item_page.bottom
cdn.reseau-canope.fr/archivage/valid/feuilletage-les-risques-des-blockchains-N-11271-16257.pdf
www.usine-digitale.fr/article/la-blockchain-pose-de-serieux-problemes-de-confiance-de-droit-et-de-securite.N401527
www.lecho.be/dossier/blockchain/La-revolution-blockchain/9930747
www.7x7.press/l-empowerment-des-individus-grace-a-la-blockchain-en-7-points
www.cigionline.org/articles/building-climate-accountability-bottom
www.sabre.com/insights/blockchain-beyond-the-hype
www.datafloq.com/read/how-blockchain-can-help-combat-climate-change/2531
www.theparliamentmagazine.eu/articles/opinion/eu-must-work-enable-blockchain-technology
www.euractiv.com/section/energy/interview/grid-operators-boss-time-for-energy-utilities-to-re-invent-their-model
www.nytimes.com/2018/01/16/magazine/beyond-the-bitcoin-bubble.html
www.delano.lu/d/detail/news/how-blockchain-helps-address-worlds-energy-issues/167291

PERSPECTIVES ET CONCLUSION

www.solarpowereurope.org/reports/digitalisation-solar
www.smartcitiesdive.com/news/blockchain-decentralized-economy/511757/?mkt_tok=eyJpIjoiTm1JMVpETXIOVE0yTIRjMSIsInQiOi-JtMVFbd0lrQmhERzJvOGpkS2NRYjdBemxsa010S1liMWhcLzIwQmpGZDg2Um00NnVKbVZxWIZLOVZHRhdHRmVvY1NHMUFBaUFMd-VE3YXhjRDFWSGFMbXVGMG56Wlh0dUJMMVFMZW53c3QzQUR4U3JHd2poU3c4T1Z6aHNREdJdWYifQ%3D%3D

DEUX ÉTUDES QUI DEVRAIENT ÊTRE PUBLIÉES EN 2018 :

Les potentiels de la Blockchain dans le secteur de la chaleur [par Euroheat & Power]
 La Blockchain au service des smart grids [par GreenFlex – Blockchain Partner]



DED

Energy Cities est l'association européenne des villes en transition énergétique. Depuis près de 30 ans – et avec aujourd'hui plus de 1 000 villes et réseaux membres de 30 pays – le réseau défend une transition énergétique démocratique et décentralisée, menée par le niveau local et régional.

David Donnerer & Sylvie Lacassagne

Energy Cities

www.energy-cities.eu

[@energycities](https://twitter.com/energycities)

Licence Creative Commons Attribution – NonCommercial – ShareAlike 4.0 International