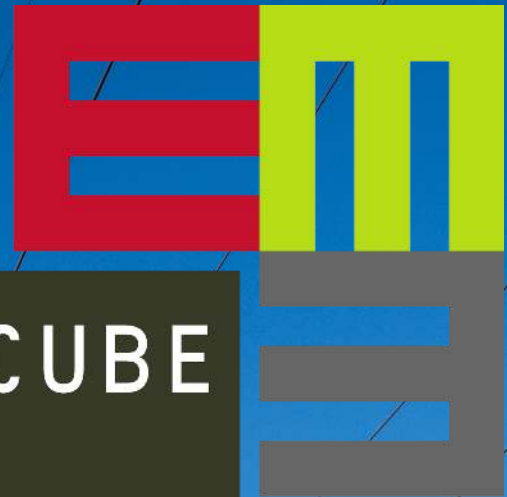




E-CUBE

STRATEGY
CONSULTANTS

AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE ET BLOCKCHAIN

Perspectives sur deux
phénomènes émergents et liés

E-CUBE STRATEGY CONSULTANTS

NOVEMBRE 2017

Avant-propos

Propriété intellectuelle et limites de responsabilité

- Cette étude est publiée par E-CUBE Strategy Consultants SA, 8 rue Royale, 75008 Paris, France (ci-après dénommé « E-CUBE Strategy Consultants »).
- Une diffusion est autorisée sous réserve que le contenu diffusé soit accompagné des présentes mentions et d'une référence à E-CUBE Strategy Consultants.
- Cette étude repose en partie sur des informations publiques, diffusées par la(es) société(s) concernée(s) ou par des tiers. Ces informations n'ont pas été vérifiées ni auditées de manière indépendante par E-CUBE Strategy Consultants.
- Les éléments économiques et financiers présentés dans ce document intègrent les conditions économiques, monétaires, de marché ou autres prévalant en novembre 2017 et ne préjugent pas des ajustements nécessaires si ces conditions venaient à se modifier.
- Sans mention contraire, E-CUBE Strategy Consultants n'a aucune obligation de mise à jour de ce document.

Résumé exécutif (1/3)

Le développement de l'autoconsommation collective et de la blockchain sont deux phénomènes émergents du secteur électrique

L'objectif de ce document est d'éclairer la question suivante : la blockchain peut-elle améliorer le fonctionnement de l'autoconsommation collective ou accélérer son développement ?

L'autoconsommation collective utilise un cadre contractuel et économique pour synchroniser injections et soutirages sur le réseau à la maille locale

Créer une opération d'autoconsommation collective, c'est mettre en place un cadre contractuel de transactions d'électricité entre sites d'injection et de soutirage au sein d'une « poche » du réseau de distribution, dans l'objectif de tendre vers un équilibre offre-demande instantané à la maille locale. Son développement repose sur plusieurs innovations disruptives : production distribuée et stockage à bas coût, comptage communicant.

Sous certaines conditions, l'autoconsommation collective présente un intérêt pour le système électrique, pour les consommateurs et les producteurs participants, et pour les pouvoirs publics locaux : économie sur la facture d'électricité, report des investissements sur le réseau, diminution des pertes en ligne, retombées économiques locales...

Le développement de l'autoconsommation collective soulève des enjeux majeurs :

- Il pourrait modifier le rôle des acteurs du secteur en les forçant à « remonter » sur la chaîne de valeur de l'électricité, en permettant aux participants d'optimiser l'utilisation de la capacité de production et de stockage.
- L'opportunité de s'orienter vers un tel système pose des questions car le développement de l'autoconsommation collective requiert des adaptations importantes du cadre réglementaire, et pourrait notamment remettre en cause le principe du timbre-poste pour les tarifs d'utilisation du réseau. Le futur cadre réglementaire français sur ce sujet sera précisé en 2018.
- Le développement de l'autoconsommation collective pose également des questions en matière de systèmes d'information et d'acceptation par les participants, auxquels la blockchain pourrait apporter une réponse.

Résumé exécutif (2/3)

Le choix d'une blockchain peut se justifier par plusieurs sources de valeur

Il existe d'autres systèmes informatiques qui présentent les mêmes fonctionnalités que la blockchain. L'utilisation d'une blockchain par rapport à une base de données « classique » peut se justifier par plusieurs sources de valeur :

- **Désintermédier l'opérateur de comptage ou coordonner l'écriture dans le registre par plusieurs acteurs** : c'est le cas lorsque plusieurs opérateurs de comptage sont actifs au périmètre d'une opération d'autoconsommation collective. En France, la plupart des opérations d'autoconsommation collective ne concerneront qu'un seul GRD, qui est également responsable du comptage. Cependant, la blockchain pourrait présenter une valeur de désintermédiation et de coordination pour l'autoconsommation collective dans d'autres pays où l'activité de comptage est plus répartie (Royaume-Uni, Allemagne, Suisse), voire en France en cas de dérogations au monopole du comptage.
- **D'autres sources de valeur « techniques »** : la transparence offerte aux participants, la rapidité de traitement, les coûts informatiques, la fiabilité face au risque de falsification ou de destruction des données.

L'utilisation de la blockchain pour l'autoconsommation collective est aujourd'hui encore au stade d'expérimentation ou de pilote

Certaines start-ups ont levé plus de 20 M€ en 2017 (Power Ledger, Conjoule...), ce qui témoigne de l'engouement des investisseurs pour ces projets. Des acteurs historiques du secteur énergétique investissent directement dans ces initiatives, comme la *utility* japonaise Tepco dans Conjoule, ou bien les soutiennent, à l'instar d'Engie dans l'Energy Web Foundation.

En France, plusieurs initiatives émergent. C'est notamment le cas de l'offre « Notre soleil et nous » d'EDF pour l'autoconsommation collective, ou du projet DIGISOL de Sunchain pour l'application de la blockchain à l'autoconsommation collective.

Les expérimentations permettront de déterminer si la blockchain peut accélérer le développement de l'autoconsommation collective, par rapport à d'autres systèmes d'information reposant sur des bases de données classiques.

Résumé exécutif (3/3)

Pour les fournisseurs et les distributeurs, les opportunités stratégiques à court terme consistent à mener des expérimentations

Expérimenter les opérations d'autoconsommation collective, en testant la blockchain au même titre que d'autres solutions informatiques, permet de répondre à plusieurs enjeux :

- Fidéliser les clients intéressés par l'autoconsommation collective
- Identifier les évolutions fonctionnelles nécessaires du SI et tester les solutions possibles
- Démontrer une gestion des données maîtrisée et transparente
- Progresser dans la résolution des questions posées par le développement de l'autoconsommation collective
- Se familiariser avec la blockchain.

Au-delà de l'autoconsommation collective, la blockchain pourrait représenter une solution à valeur pour d'autres applications dans l'énergie

- **Gestion des transactions sur le marché de gros** : l'écriture des transactions directement sur un registre partagé pourrait désintermédier certains acteurs traditionnels : opérateurs de marché et *clearing houses, brokers*. Ainsi, Enerchain, initiative lancée par plusieurs grands énergéticiens européens (Enel, RWE...) a récemment enregistré sa première transaction.
- **Gestion des garanties d'origine (GO)** : le registre des GO se prêterait bien à une utilisation blockchain faisant intervenir l'ensemble des producteurs et des fournisseurs d'énergie.
- **Véhicule électrique** : la mise en place d'un registre commun de transactions pourrait simplifier la charge de véhicules électriques sur des bornes appartenant à de multiples réseaux. Share&Charge, initiative d'Innogy basée sur la plateforme Slock.it (qui s'appuie sur la blockchain Ethereum), constitue un premier pas en ce sens.
- **Respect des normes énergétiques du bâtiment** : la blockchain pourrait être utilisée pour garantir l'origine renouvelable de l'énergie consommée dans l'objectif de respecter certaines normes (ex : RT 2020).

Dans le secteur de l'énergie où une part croissante de la valeur correspond à l'utilisation des données, les premiers à se familiariser avec la technologie détiendront un avantage concurrentiel et pourront identifier les meilleures opportunités.

Introduction

Le développement de l'autoconsommation collective et de la blockchain sont deux phénomènes émergents :

- Le développement de l'autoconsommation collective d'électricité est considéré comme « inéluctable » par certains acteurs¹⁾, mais ses modalités d'application et ses conséquences posent encore des questions ;
- La blockchain est une solution informatique émergente, qui fait l'objet de nombreuses spéculations, mais dont le potentiel n'est pas encore bien connu.

Bien que l'autoconsommation collective soit parfois présentée uniquement comme un cas d'application de la blockchain, les deux phénomènes sont bien distincts : l'autoconsommation collective peut exister sans blockchain, grâce à des solutions informatiques plus classiques ; et inversement, la blockchain peut servir à des cas d'usage bien plus larges, dans le domaine de l'énergie et au-delà.

L'objectif de ce document est donc d'éclairer la question suivante : la blockchain peut-elle améliorer le fonctionnement de l'autoconsommation collective ou accélérer son développement ?

¹⁾ Jean-François Carencu, Président de la CRE (12/09/2017)

1

Le développement de l'autoconsommation collective

Définition

Tandis que l'autoconsommation individuelle consiste pour un consommateur à utiliser des moyens de production situés en aval du compteur afin de limiter sa consommation d'électricité du réseau, l'autoconsommation collective permet à un groupement de consommateurs et/ou producteurs géographiquement proches de réaliser des transactions d'électricité à une échelle locale.

Créer une opération d'autoconsommation collective, c'est donc :

- Mettre en place un cadre contractuel de transactions d'électricité entre sites d'injection et de soutirage
- Au sein d'une « poche » du réseau de distribution (souvent en aval d'un poste de distribution)
- Dans l'objectif de tendre vers un équilibre offre-demande instantané (c'est-à-dire synchroniser injections et soutirages) à la maille locale.

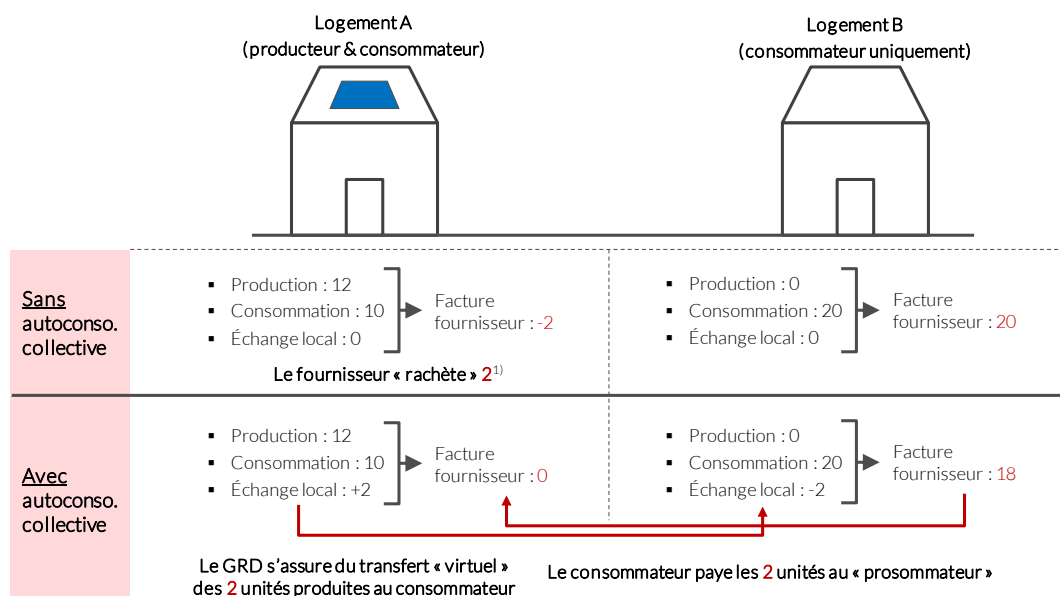
L'autoconsommation collective utilise un cadre contractuel et économique pour synchroniser injections et soutirages sur le réseau à la maille locale

Il est important de noter que l'autoconsommation collective ne modifie pas le réseau existant. Elle ne modifie pas non plus les règles physiques de circulation du courant sur le réseau ni sa topologie. Elle consiste simplement à établir et utiliser un cadre contractuel et économique pour influencer les comportements des consommateurs et des producteurs d'électricité à l'échelle locale dans le sens d'une utilisation optimale des actifs existants : réseau, moyens de production, appareils consommant de l'électricité.

Exemple

Pour illustrer le fonctionnement de l'autoconsommation collective, prenons l'exemple d'une transaction entre deux logements, comme représentée sur la figure page suivante : le logement A est à la fois consommateur et producteur d'électricité (grâce à un panneau photovoltaïque), tandis que le logement B n'est que consommateur.

FIGURE 1
SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE OPÉRATION D'AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE POUR UN PAS DE TEMPS DONNÉ



1) Dans le cas d'une vente au tarif obligation d'achat, le fournisseur et l'acheteur obligé peuvent être deux entités différentes

Source : Analyse E-CUBE Strategy Consultants

En l'absence d'autoconsommation collective, sur un pas de temps donné, le logement A produit 12 kWh, tandis qu'il en consomme 10. Le fournisseur « rachète » donc 2 kWh au logement A¹⁾. Quant au logement B, il consomme 20 kWh, qui lui sont facturés par son fournisseur.

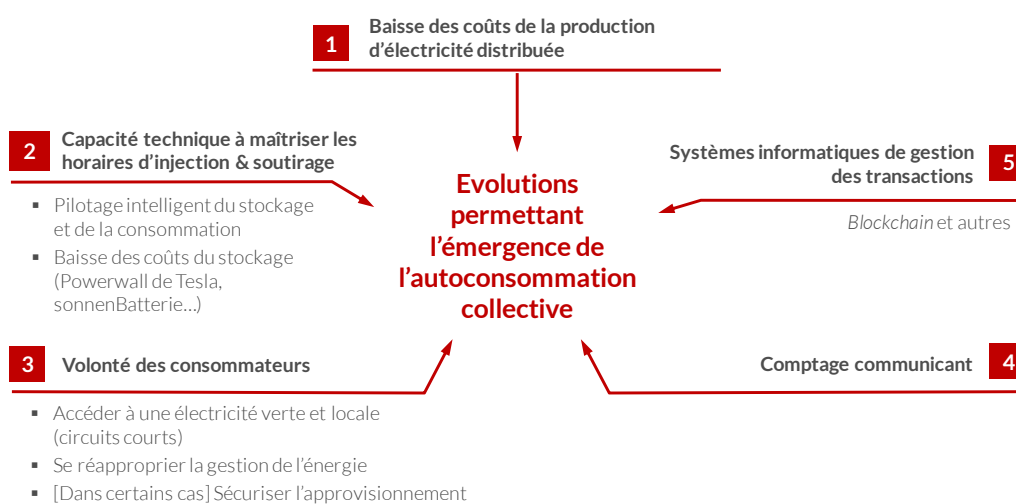
Si ces deux logements participent à une opération d'autoconsommation collective, le logement A peut revendre au logement B son surplus de production, c'est-à-dire l'écart entre quantité produite et quantité consommée, soit $12 - 10 = 2$ kWh. Par conséquent, le logement A n'achète ni ne vend plus à son fournisseur ; à la place, il vend à son voisin. Le logement B, qui achète ces 2 kWh, diminue d'autant la quantité qu'il doit à son fournisseur, qui passe donc à $20 - 2 = 18$ kWh.

¹⁾ En réalité, dans le cas d'une vente au tarif obligation d'achat, le fournisseur du logement A et l'acheteur obligé de sa production peuvent être deux entités différentes ; production et consommation peuvent correspondre à deux compteurs différents, avec un prix d'achat du kWh consommé et un prix de vente du kWh produit différents. Cet exemple présente donc une version simplifiée des mécanismes.

Facteurs d'émergence

L'émergence actuelle de l'autoconsommation collective est permise par un ensemble d'évolutions technologiques, économiques et sociétales qui impactent l'ensemble de la chaîne de valeur :

FIGURE 2
ÉVOLUTIONS PERMETTANT L'ÉMERGENCE DE L'AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE



Source : Analyse E-CUBE Strategy Consultants

1 Baisse des coûts de la production distribuée

L'investissement dans la production renouvelable distribuée est accessible à une part croissante des consommateurs d'électricité grâce à la baisse spectaculaire des coûts. C'est particulièrement le cas pour les systèmes photovoltaïques, le coût d'un module ayant baissé de plus de 80% entre 2007 et aujourd'hui¹⁾.

Cette baisse tend à rendre ces investissements rentables par rapport à la consommation d'électricité du réseau, sans recours à des mécanismes de soutien comme le tarif d'achat.

2 Capacité technique à maîtriser les horaires d'injection et de soutirage

Les technologies *smart home* utilisant des objets connectés (thermostats, points lumineux...) permettent un pilotage intelligent de la consommation.

De plus, la baisse des coûts des batteries facilite l'accès des consommateurs finaux à des moyens de stockage (Powerwall de Tesla, sonnenBatterie...) qui permettent d'anticiper ou de différer injections ou soutirages d'électricité sur le réseau.

¹⁾ Source : ADEME, « Filière Photovoltaïque Française : Bilan, Perspectives et Stratégie. », Septembre 2015

3 Volonté des pouvoirs publics et des consommateurs

Les décisions des pouvoirs publics européens, nationaux ou locaux jouent un rôle clé pour soutenir les phénomènes émergents tels que l'autoconsommation collective, dont l'amorçage nécessite des incitations fiscales et réglementaires.

De plus, une part croissante des consommateurs souhaitent accéder à une électricité « verte » et « locale », comme l'illustre la multiplication des offres des fournisseurs d'énergie en ce sens : Engie Elec Verte, offres vertes d'Ekwater, EDF Vert Electrique, offres locales d'Ilek... Ce phénomène peut s'interpréter comme le parallèle dans le secteur de l'énergie de la tendance aux « circuits courts » pour l'alimentation.

Par ailleurs, dans l'objectif de se réappropriier la gestion de l'énergie, les particuliers sont de plus en plus nombreux à investir dans des moyens de production d'électricité : panneaux photovoltaïques à titre individuel, mais aussi éoliennes de grande puissance au sein de mouvements collectifs, comme l'illustre le cas du parc éolien de Béganne en Ile-et-Vilaine.

Dans certains cas, les consommateurs souhaitent également sécuriser leur approvisionnement en électricité, en particulier pour se prémunir contre certains phénomènes naturels (tempêtes, inondations). L'autoconsommation collective peut assurer la continuité d'un cadre économique d'approvisionnement en électricité lorsque des microgrids fonctionnent alors que le reste du réseau est hors service (ce qui était le cas du campus de New York University à Manhattan pendant l'ouragan Sandy en 2012).

4 Comptage communicant

Les compteurs communicants apportent deux fonctionnalités essentielles à l'autoconsommation collective :

- Le comptage à pas de temps fin (30 minutes pour Linky)
- La communication régulière sous forme numérique des données de comptage.

5 Systèmes informatiques de gestion des transactions

Les consommateurs ont accès à de nombreux systèmes numériques de gestion des transactions dont le coût est réduit, même pour échanger des montants faibles : c'est le cas des virements SEPA, mais aussi de Paypal, Lydia, etc.

Sous certaines conditions, l'autoconsommation collective présente un intérêt pour le système électrique, pour les consommateurs et producteurs participants, et pour les pouvoirs publics locaux

■ **Intérêt pour le système électrique**

Maille réseau : le rapprochement des lieux de consommation et de production, et leur synchronisation, permettent d'une part de reporter ou éviter des investissements de renforcement du réseau en limitant la pointe de consommation, et d'autre part de limiter les pertes en ligne.

Maille production : sous certaines conditions, la synchronisation des injections et des soutirages sur le réseau peut réduire le coût de production d'électricité en réduisant le recours aux moyens de pointe.

■ **Intérêt pour les consommateurs et producteurs participants**

Les consommateurs peuvent espérer une économie sur leurs coûts d'électricité en évitant une partie des coûts de réseau et des taxes répercutés par les fournisseurs sur leurs factures ; cependant cette économie dépend du cadre réglementaire de l'autoconsommation collective. En France, ce cadre sera fixé en 2018 ; en Suisse, il a été mis en place par la Stratégie énergétique 2050, où il pourrait faire émerger un nouveau modèle de marché, les regroupements de consommation¹⁾.

De plus, alors que les fournisseurs d'énergie facturent au consommateur un coût marginal de production non négligeable, l'autoconsommation collective recourt principalement à des moyens de production renouvelables à coût marginal nul.

Cette valeur est à partager entre les consommateurs et les producteurs, qui peuvent trouver dans l'autoconsommation collective un débouché plus attractif que la vente sur le marché de gros ou la revente aux tarifs réglementés²⁾ ; en France, c'est particulièrement le cas pour les installations de production qui ne respectent pas les « critères généraux d'implantation », par exemple les panneaux PV non intégrés au bâti.

■ **Intérêt pour les pouvoirs publics locaux**

La création de « boucles locales de l'énergie » fondées sur une production distribuée permet aux collectivités de bénéficier des retombées économiques (valeur ajoutée, emploi) du secteur de l'énergie.

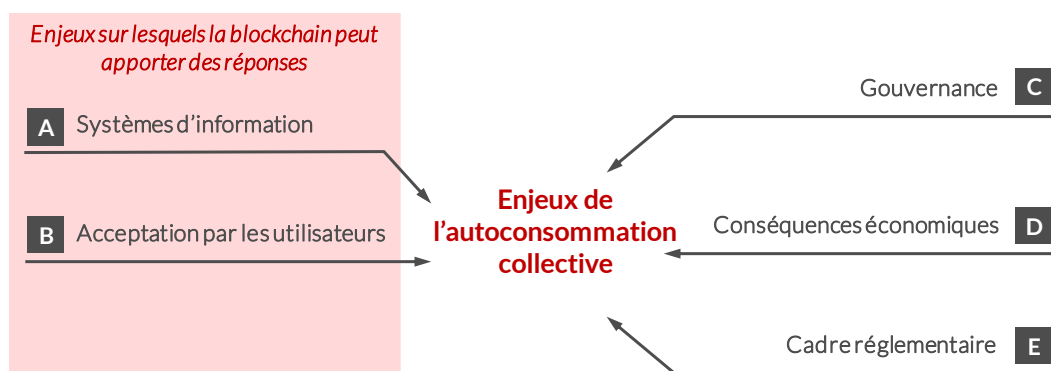
En développant la production renouvelable, elle permet également de remplacer des moyens de production d'énergie plus polluants ou émetteurs de CO₂.

¹⁾ Pour plus de précisions, voir l'étude E-CUBE sur le sujet : http://e-cube.com/fr/wp-content/uploads/2017/10/171020_E-CUBE_RegroupementConsommation_v9.pdf

²⁾ Aujourd'hui 60 à 100 €/MWh en France pour les sites respectant les critères généraux d'implantation (arrêté du 9 mai 2017)

Le développement de l'autoconsommation collective soulève des enjeux de grande ampleur

FIGURE 3
ENJEUX DE L'AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE



Source : Analyse E-CUBE Strategy Consultants

A L'intégration d'opérations d'autoconsommation collective au système électrique représente un défi pour les **systèmes d'information** (SI) des gestionnaires de réseau de distribution (GRD).

Des fonctionnalités doivent en effet être y ajoutées pour gérer les informations relatives aux échanges entre participants. Il s'agit d'effectuer des opérations mêlant les données de comptage et les données de transaction fournies, directement ou indirectement, par les utilisateurs du réseau. Cela peut représenter un défi de taille, comme l'illustrent les problèmes de facturation qu'a connus le GRD belge ORES à l'occasion de la mise en place de son nouveau système informatique de traitement et de communication des index de consommation, en 2015 et 2016.

Au-delà des fonctionnalités, les SI devront répondre à des critères de performance élevés pour la rapidité de traitement, la fiabilité, et la confidentialité d'une quantité importante de données de transaction provenant d'un grand nombre de sources.

B Plusieurs aspects de l'autoconsommation collective risquent de freiner son **acceptation par les utilisateurs**.

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 dans un montant facturé qui ne dépend 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 prix inacceptable pour eux.

C Les règles de **gouvernance** de l'autoconsommation collective sont encore à construire, et devront être définies à la lumière des premières expérimentations.

Ces règles doivent prévoir un mécanisme de gestion du risque de contrepartie, comme sur les marchés de gros de l'énergie. Or, ces mécanismes pourraient exclure les clients financièrement fragiles, faute de garanties suffisantes.

Elles doivent aussi prévoir les modalités de gestion des contentieux entre parties prenantes : GRD, entité rassemblant les participants¹⁾, prestataires informatiques...

D Les **conséquences économiques** pour les acteurs de la chaîne de valeur sont difficiles à estimer *a priori*, mais pourraient être majeures.

Les règles de renforcement et de maintenance du réseau devront évoluer si les flux moyens, et donc le financement du réseau, diminuent du fait de l'optimisation de l'équilibre offre-demande à l'échelle locale induite par l'autoconsommation, collective et individuelle. Cela pourrait se traduire par une revue à la baisse du dimensionnement de certains actifs, qui réduirait ainsi la capacité « assurantielle » du réseau à compenser les déséquilibres à l'échelle locale, et inciterait les GRD à utiliser des moyens d'équilibrage « agiles » tels que l'effacement de consommation ou le stockage.

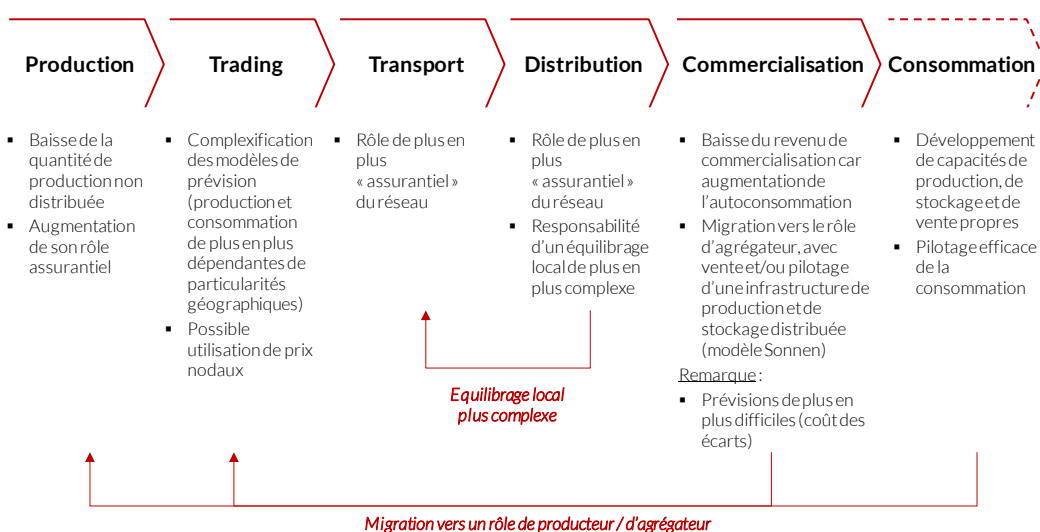
Cette évolution pourrait s'accélérer si les gestionnaires de réseau entrent dans un cercle vicieux, la diminution de l'utilisation du réseau entraînant l'augmentation des tarifs unitaires, qui incite à son tour à limiter l'utilisation du réseau.

Par ailleurs, certains territoires seront favorisés par un potentiel de production renouvelable important ; pour éviter qu'ils réduisent leur facture d'électricité aux dépens des zones les moins bien situées, une refonte de la solidarité nationale pourrait s'imposer.

¹⁾ En France, les participants à une opération d'autoconsommation collective doivent être regroupés au sein d'une Personne Morale Organisatrice (PMO)

Au-delà du réseau, le rôle des acteurs du secteur pourrait être profondément modifié : le développement par les consommateurs de capacités de production, de stockage et de pilotage de la demande pourrait faire « remonter » l'ensemble des acteurs actuels sur la chaîne de valeur. L'évolution pourrait être particulièrement drastique pour les fournisseurs : confrontés à une baisse du revenu de commercialisation à cause du développement de l'autoconsommation¹⁾, ils pourraient se rapprocher de plus en plus d'un rôle d'agrégateur, qui consiste à piloter une infrastructure de production et de stockage distribuée, voire d'un rôle de commercialisateur et installateur de cette infrastructure. Les premières traces de cette migration sur la chaîne de valeur sont visibles dans les rapprochements récents (ex : Direct Energie-Quadran et Eneco-Next Kraftwerke) ; l'exemple le plus frappant est celui de Sonnen, qui propose à ses clients allemands et australiens des tarifs sans part variable, avec une part fixe de ~20 à ~30 euros par mois, pourvu qu'ils disposent de capacités PV + batterie et en confient le pilotage à Sonnen (offre SonnenFlat).

FIGURE 4
ÉVOLUTION DES ACTIVITÉS SUR LES DIFFÉRENTS MAILLONS DE LA CHAÎNE DE VALEUR



Source : Analyse E-CUBE Strategy Consultants

¹⁾ L'autoconsommation pourrait également augmenter le coût des écarts pour les fournisseurs en rendant les prévisions de consommation de plus en plus difficiles à cause du pilotage actif des injections et des soutirages par les consommateurs.

E

Au-delà des expérimentations, l'autoconsommation collective requiert une adaptation importante du **cadre réglementaire**.

Par construction, la généralisation de l'autoconsommation collective pourrait remettre en cause le principe du timbre-poste, issu du droit européen et français. Ce principe prévoit que le tarif d'utilisation du réseau électrique soit indépendant de la distance entre sites d'injection et de soutirage ; or l'économie de l'autoconsommation collective repose sur l'attribution d'un tarif réseau plus faible, voire nul, à la production locale. La remise en cause de ce principe romprait une forme de solidarité nationale, ce qui pourrait imposer une refonte des solidarités territoriales.

Sur ce sujet, le futur cadre réglementaire français (« micro-TURPE ») fait l'objet de nombreux débats ; en cours d'élaboration par la CRE, il sera précisé en 2018.

En tant que solution informatique, la blockchain pourrait apporter une réponse aux deux premiers enjeux : systèmes d'information, acceptation par les utilisateurs.

La blockchain : une famille de systèmes d'information et de communication adaptés aux échanges *peer-to-peer*

Définition

Une blockchain est un système collaboratif de gestion d'un registre distribué pouvant fournir différents services liés à la donnée : stockage, échange de données, exécution de code (*smart contracts*).

Le registre en question se présente sous la forme d'une « liste chaînée » de blocs d'information liés les uns aux autres. Il ne s'agit pas en soi d'une innovation : les listes chaînées sont une manière d'organiser les données utilisée depuis les années 1950.

Les blockchains sont une famille de systèmes qui combinent des technologies existantes

La vraie innovation consiste à définir un mode de gestion qui évite qu'un seul acteur détienne les droits de détention, de lecture, d'écriture, et de validation des données de la blockchain :

- **Détention** : il existe plusieurs instances de la blockchain, c'est-à-dire plusieurs copies du registre qui contiennent à tout moment la même information. Chaque instance se trouve sur un serveur appelé nœud. Les nœuds peuvent être détenus par plusieurs parties, au lieu d'être centralisés par une seule.
- **Lecture** : les droits d'accès aux informations de la blockchain peuvent être limités à un groupe restreint, ou bien ouverts à tous.
- **Ecriture** : certains acteurs ont le droit d'émettre des requêtes pour écrire une information dans la blockchain ; une requête en écriture doit être communiquée à un nœud, qui la transmet ensuite à l'ensemble des autres nœuds en vue de l'ajouter à un prochain bloc de la chaîne. Selon les cas, ce droit peut être limité à un groupe restreint, ou bien ouvert à tous.
- **Validation** : on appelle « validation » l'acte d'ajouter un bloc d'informations à la blockchain. La validation pose deux difficultés :
 - S'assurer que toutes les instances de la blockchain demeurent identiques. Les règles de la blockchain désignent quel nœud est en droit d'ajouter le prochain bloc, et quelle instance fait référence lorsqu'apparaît une divergence entre deux instances.
 - Eviter le problème de la « double dépense ». Par exemple, dans le cas où la blockchain est utilisée pour enregistrer des transactions d'électricité, il s'agit de s'assurer qu'un MWh produit n'est pas vendu deux fois à deux contreparties différentes.

Les modalités de détention, de lecture, d'écriture et de validation des données dans le registre définissent une gradation qui va des blockchains « publiques », qui sont les plus ouvertes (n'importe qui peut détenir, lire, écrire, valider), aux blockchains « consortium », où ces droits sont restreints à un ensemble fini d'acteurs, jusqu'aux blockchains « privées », où la validation et l'écriture sont parfois réservées à un seul acteur.

Les blockchains peuvent être utilisées afin de stocker et d'échanger des données, voire d'exécuter du code qui ajoute des informations au registre suivant des conditions prédéfinies (« *smart contracts* »). Pour ces fonctionnalités, elles sont donc en concurrence avec les bases de données « classiques ». C'est le cas y compris pour l'exécution de code : les « *stored procedures* » des bases de données centralisées peuvent remplir les mêmes fonctions que les « *smart contracts* » d'une blockchain.

Les blockchains constituent donc une famille de systèmes, chacun étant caractérisé par la combinaison d'un mode de gestion, de services fournis et de technologies utilisées. On peut considérer que certains présentent des « caractéristiques blockchain » plus ou moins fortes. Par exemple, les blockchains privées présentent des caractéristiques blockchain plutôt faibles en raison de la prédominance d'un acteur dans l'écriture et la validation des données, à tel point que la différence avec une base de données centralisée est parfois ténue. A contrario, les systèmes très publics comme Bitcoin présentent de fortes caractéristiques blockchain.

Il est important de noter que construire une blockchain ne consiste pas à utiliser le fruit d'une rupture technologique récente, mais plutôt à combiner des technologies existantes. Ainsi, le mot « blockchain » ne désigne ni une innovation, ni un objet, mais la combinaison intelligente, inédite, variable selon les acteurs, des services et des plateformes de technologies existantes pour la « gestion collaborative d'un registre distribué »¹⁾. Parmi ces technologies, on compte notamment la « liste chaînée », et des techniques de cryptographie comme le hachage, ou encore l'identification clé privée / clé publique.

La blockchain peut présenter plusieurs sources de valeur

- **Désintermédiation** : le système de gestion collaborative du registre peut, dans certains cas, remplacer un tiers de confiance, et donc réduire les coûts d'intermédiation. Cela peut être le cas notamment dans le secteur de la banque et des assurances, où les échanges d'informations sont nombreux et transitent par plusieurs acteurs.

¹⁾ Source : Réalités Industrielles, « *Blockchains et smart contracts* : des technologies de la confiance ? », août 2017

- **Sécurité des données contre l'altération et la destruction** : la blockchain présente une robustesse aux attaques et aux pannes qui peut être intéressante pour certaines applications :
 - Immuabilité : le registre contient l'ensemble de l'historique des enregistrements effectués depuis sa création, sans qu'il soit possible de les modifier¹⁾.
 - Résilience : plusieurs instances du registre étant détenues en parallèle par différents gestionnaires sur différents nœuds, il faudrait attaquer au moins la moitié des nœuds pour modifier le registre, et l'ensemble d'entre eux pour le détruire.
 - Disponibilité : ce caractère décentralisé permet également de maximiser la disponibilité du registre, car la probabilité qu'aucun serveur ne puisse répondre à un instant donné est très faible²⁾.

La blockchain présente à ce stade des limites par rapport au modèle d'une base de données classique gérée par un tiers de confiance

- **Confidentialité des transactions** : Pour des raisons légales, il peut être obligatoire de révéler l'identité des contreparties de certaines transactions. A contrario, écrire ces identités sur la blockchain revient à révéler des informations confidentielles à des concurrents. Le recours aux pseudonymes ne permet pas de répondre de manière satisfaisante à ce problème, car une analyse de données performante permettrait de deviner les identités réelles. Des solutions sont en cours d'étude, par exemple l'administration de pseudonymes à usage unique. Une fois cette limite levée, le caractère transparent d'une blockchain lisible par tous pourrait constituer un atout pour certaines applications.

¹⁾ Le contenu de chaque bloc étant lié au précédent par une fonction cryptographique de hachage, il n'est pas possible de modifier les informations d'un bloc sans faire apparaître des incohérences avec le reste de la chaîne. Cela confère à la blockchain un caractère « immuable » (impossibilité d'en modifier un élément une fois qu'il est enregistré).

²⁾ Certaines bases de données classiques peuvent présenter les mêmes caractéristiques décentralisées

- **Coût** : la compétitivité de la blockchain par rapport à des bases de données classiques reste à expérimenter. Les résultats varieront suivant les cas d'usage, et surtout suivant la conception des blockchains utilisées. Entre la première blockchain datant de 2008 (Bitcoin) et les systèmes plus récents comme Ethereum (lancée en 2015), le coût par transaction a diminué d'un facteur ~10 (quelques euros pour Bitcoin en 2017, contre quelques dizaines de centimes pour Ethereum). Le coût énergétique (consommation des serveurs liée au temps de calcul) est également bien moindre (il est de plusieurs dizaines de TWh par an pour Bitcoin). L'introduction de méthodes de validation Proof-of-Stake (à la place du Proof-of-Work qui domine actuellement) pourrait contribuer à améliorer l'efficacité des systèmes, mais n'apparaît pas encore mature.
- **Rapidité** : les premières blockchains étaient relativement lentes (ex : au moins 10 minutes pour valider une transaction sur Bitcoin), mais certaines peuvent aujourd'hui gérer le temps réel (ex : BigchainDB). La capacité à traiter en peu de temps une grande quantité d'informations sera nécessaire pour prendre en charge la gestion des transactions dans le domaine de l'énergie.
- **Lien avec les objets physiques** : dans de nombreux domaines, la blockchain devra enregistrer des données fournies par des sources tierces faisant référence (ex : données météorologiques). L'utilisation de ces sources, appelées « oracles » revient parfois à réintroduire un tiers de confiance « centralisé », ce qui limite l'intérêt d'une solution blockchain.
- **Gestion des contentieux** : en l'absence d'un tiers de confiance, la question de la responsabilité en cas de litige est ouverte, d'autant plus qu'il n'existe pas aujourd'hui de cadre juridique spécifique à la blockchain.
- **Acceptabilité** : pour la même raison, l'absence de responsable peut être un obstacle pour obtenir la confiance du grand public.
- **Règles de gouvernance** : il peut être difficile d'adapter les règles de la blockchain, car cela nécessite souvent d'obtenir l'accord de l'ensemble des parties prenantes impliquées en détention, écriture, lecture et validation.

Pistes stratégiques pour les fournisseurs et distributeurs

La blockchain peut être utilisée comme la solution informatique de gestion des transactions d'une opération d'autoconsommation collective

En France, où la plupart des GRD sont de grande taille, et se trouvent en situation de monopole local sur le comptage¹⁾, la plupart des opérations d'autoconsommation collective ne concerneront qu'un seul GRD. Ce dernier étant le seul à pouvoir fournir les données de comptage « brutes », qui doivent être retraitées des transactions de l'opération d'autoconsommation collective, il ne peut exister de valeur de désintermédiation à la blockchain.

Cependant, la blockchain pourrait présenter une valeur de désintermédiation pour l'autoconsommation collective :

- En France, en cas de dérogations au monopole du comptage ; le cas de Voltalis, qui a *de facto* pris ce rôle à titre expérimental, en est une illustration.
- Dans d'autres pays où l'utilisation de la blockchain pourrait remplacer un tiers de confiance *ad hoc* pour la gestion des transactions. C'est le cas lorsque :
 - Le comptage ne fait pas l'objet d'un monopole local, comme au Royaume-Uni
 - Plusieurs monopoles locaux sont voisins, comme en Allemagne ou en Suisse
 - Les consommateurs se constituent en regroupement de consommation, comme en Suisse.

L'écriture et la validation des données de transaction sur une blockchain seront généralement gérées par les opérateurs de comptage, ou par des prestataires de services. Dans ce dernier cas, les opérateurs transmettent des données de comptage « brutes » aux prestataires, qui leur rendent les résultats intégrant les transactions entre participants à l'autoconsommation collective.

Le choix d'une blockchain pour l'autoconsommation collective peut se justifier par plusieurs sources de valeur

¹⁾ En France, l'article 111-52 du Code de l'Énergie stipule que chaque GRD est en monopole sur sa zone de desserte. Dans certains pays, comme la Suisse, l'existence de nombreux GRD de petite taille (quelques centaines ou milliers de clients) pourrait justifier qu'une opération d'autoconsommation collective recouvre plusieurs GRD, renforçant l'intérêt de la blockchain, car plusieurs acteurs pourraient être autorisés à écrire sur le registre .

En France, Enedis a lancé en 2017 une dizaine d'expérimentations d'autoconsommation. Certaines, développées en partenariat avec Sunchain, s'appuient sur une blockchain (projet DIGISOL). Cependant, dans ce cas, l'opérateur de comptage ne peut être désintermédié, et l'écriture dans le registre est entre les mains d'un seul acteur, Sunchain. Le choix d'une blockchain par rapport à une base de données classique pour la doit donc se justifier par d'autres sources de valeur que le fait la désintermédiation ou la coordination de l'écriture par plusieurs acteurs. Ces sources de valeur peuvent être :

- La transparence offerte aux participants
- La rapidité de traitement
- Les coûts informatiques
- La fiabilité face au risque de falsification ou de destruction des données.

Pour les fournisseurs et les distributeurs, les opportunités stratégiques à court terme consistent à mener des expérimentations

Expérimenter les opérations d'autoconsommation collective, en testant la blockchain au même titre que d'autres solutions informatiques, permet de répondre aux enjeux suivants :

	Fournisseurs	Distributeurs
Enjeux d'expérimenter l'autoconsommation collective	- Fidéliser les clients intéressés par l'autoconsommation collective en leur proposant une assistance dans la gestion administrative (contrat-type pour la personne morale) et technique (gestion des données de transactions) - Progresser dans la résolution des questions posées par le développement de l'autoconsommation collective (techniques, économiques, réglementaires, de gouvernance)	- Identifier les évolutions fonctionnelles nécessaires du SI et tester les solutions possibles - Démontrer une gestion des données maîtrisée et transparente afin de sécuriser les concessions, nouvelles ou à renouveler. Cet enjeu, déjà réel en Allemagne ou au Royaume-Uni, pourrait se préciser en France, où les relations contractuelles entre Enedis et les autorités concédantes font l'objet de tractations parfois complexes
Enjeux de tester la blockchain	Se familiariser avec la blockchain et la comparer aux autres solutions pour la gestion des données de transactions	
Exemples d'initiatives	 Notre soleil et nous EDF prépare une offre d'autoconsommation collective, baptisée "Notre soleil et nous". Cette offre concernera "tous types de logements verticaux qui souhaitent produire et consommer leur propre électricité", ciblant en particulier l'habitat collectif (bailleurs sociaux et copropriétés). EDF conduit actuellement une « phase d'expérimentation qui consistera à tester ses installations de production d'électricité et de pilotage intelligent sur une vingtaine de configurations différentes ». L'offre, qui devrait être commercialisée à partir de 2018 ou 2019, couvrirait : - L'accompagnement des occupants dans leur démarche - L'installation des panneaux solaires - Une solution de pilotage intelligente visant à faciliter le partage de l'électricité produite.	 DIGISOL Sunchain, spin-off issue du bureau d'études photovoltaïque Tecsol, développe le projet DIGISOL qui vise à expérimenter l'autoconsommation collective au sein d'un bâtiment collectif ou entre plusieurs bâtiments proches. Elle utilise pour cela sur une solution blockchain développée en collaboration avec le prestataire de services informatiques Talium. Cette solution calcule et communique au GRD Enedis les coefficients de répartition de l'énergie produite entre les participants à l'opération d'autoconsommation qui lui permettent de modifier les index des points de comptage. Ce projet, qui fait l'objet d'une convention d'expérimentation avec Enedis, n'implique pas d'autre GRD ; il n'existe donc pas d'enjeu d'écriture ou de validation entre plusieurs acteurs du comptage. Sunchain a pour ambition d'élargir l'utilisation de cette solution à d'autres applications, par exemple la charge itinérante de véhicules électriques.

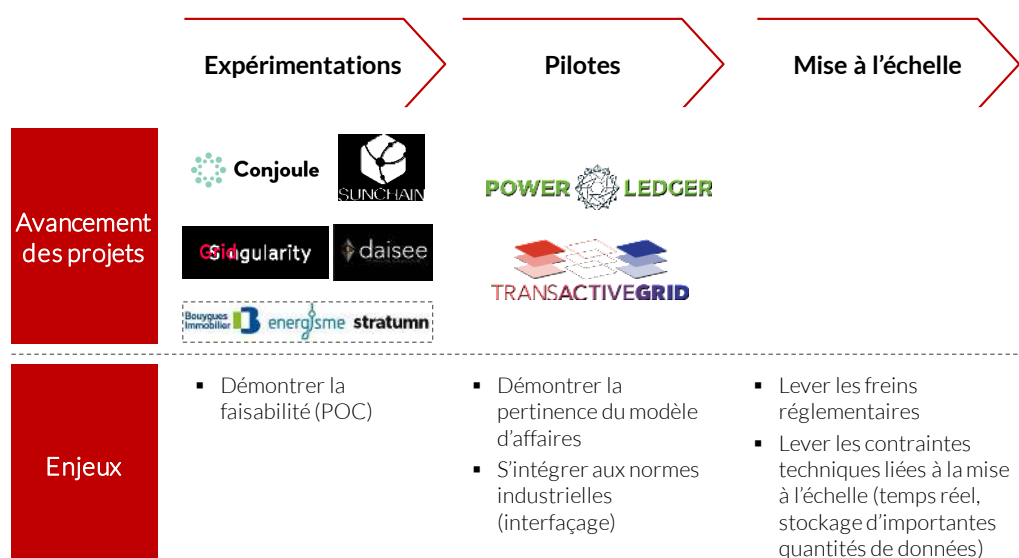
L'utilisation de la blockchain pour l'autoconsommation collective est aujourd'hui encore au stade d'expérimentation ou de pilote

Certaines start-ups ont levé plus de 20 M€ en 2017, ce qui témoigne de l'engouement des investisseurs pour ces projets :

- **Power Ledger** a levé 24 MUSD (~20 M€) en ICO¹⁾ en septembre 2017. La société utilise sa plateforme blockchain pour de nombreuses applications : place de marché locale, opérateur de marché de gros, gestion de l'énergie pour les fournisseurs, pilotage du réseau, recharge de véhicule électrique... Power Ledger lance actuellement son premier projet commercial de trading *peer-to-peer* à l'échelle locale dans une zone résidentielle en développement à Fremantle, en Australie ; il intervient dans la foulée d'un projet pilote sur 500 sites avec la *utility* néo-zélandaise Vector. La société détient également un partenariat d'intégration technologique avec l'éditeur logiciel Indra Australia pour des applications de pilotage du réseau électrique.
- **Conjoule** a levé 4,5 M€ en juillet 2017, dont 3 M€ de la utility japonaise Tepco. Cette start-up allemande incubée par l'Innovation Hub de Innogy depuis 2015 a pour objectif de « devenir la plateforme de *peer-to-peer* de référence pour les producteurs d'électricité distribuée ». Elle vise un lancement commercial en Europe en 2018, en commençant par l'Allemagne et les Pays-Bas.

FIGURE 5

STADE D'AVANCEMENT DES PROJETS BLOCKCHAIN POUR L'AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE



Source : Analyse E-CUBE Strategy Consultants

¹⁾ Initial Coin Offering, type de financement sous forme d'émission de *tokens* blockchain

Parmi les autres initiatives, on peut notamment citer :

- La plateforme développée par la start-up autrichienne Grid Singularity, fondatrice de l'Energy Web Foundation
- TransActive Grid, développé par la société LO3 à Brooklyn
- Le projet mené par Bouygues Immobilier, Energisme et Stratumn dans le quartier de Lyon Confluence
- DAISEE, initiative française co-produite le lyonnais M[Y]NE et CELLABZ.
- DIGISOL, mené par Sunchain

Certains acteurs historiques du secteur énergétique investissent directement dans ces initiatives, comme comme la *utility* japonaise Tepco dans Conjoule, ou les soutiennent, à l'instar d'Engie dans l'Energy Web Foundation.

Conclusion

Les expérimentations permettront de déterminer si la blockchain peut accélérer le développement de l'autoconsommation collective, par rapport à d'autres systèmes d'information reposant sur des bases de données classiques.

Les blockchains pourraient s'imposer à terme comme solutions informatiques de référence, même si elles ne sont pas les plus performantes à date. Il s'agit en effet de systèmes relativement récents, qui progressent rapidement : les coûts et les délais de transaction ont ainsi été réduits tous les deux d'un facteur ~10 entre 2008 et 2015¹⁾.

Au-delà de l'autoconsommation collective, la blockchain pourrait représenter une solution à valeur pour d'autres applications dans l'énergie :

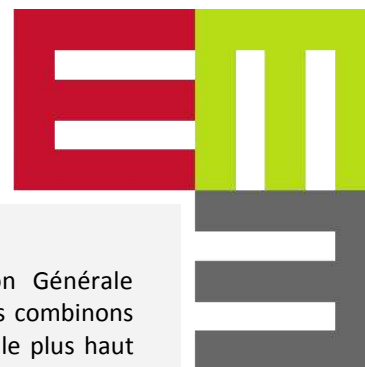
- Gestion des transactions sur le marché de gros : l'écriture des transactions directement sur un registre partagé pourrait désintermédier certains acteurs traditionnels : opérateurs de marché et *clearing houses*, *brokers*. Ainsi, Enerchain, initiative lancée par plusieurs grands énergéticiens européens (Enel, RWE...) a récemment enregistré sa première transaction.
- Gestion des garanties d'origine (GO) : le registre des GO se prêterait bien à une utilisation blockchain faisant intervenir l'ensemble des producteurs et des fournisseurs d'énergie. C'est l'une des pistes d'application de la blockchain à l'énergie que cherche à développer l'Energy Web Foundation, association d'acteurs du secteur de l'énergie et d'experts de la blockchain.
- Véhicule électrique : la gestion de la charge des véhicules électriques sur des bornes appartenant à de multiples réseaux pourrait être simplifiée pour l'utilisateur final par la mise en place d'un registre commun. Share&Charge, initiative d'Innogy basée sur la plateforme Slock.it (qui s'appuie sur la blockchain Ethereum), constitue un premier pas en ce sens.
- Respect des normes énergétiques du bâtiment : la blockchain pourrait être utilisée pour garantir l'origine renouvelable de l'énergie consommée dans l'objectif de respecter certaines normes (ex : RT 2020)

Dans un secteur de l'énergie où une part croissante de la valeur correspond à l'utilisation des données, les premiers à se familiariser avec la technologie détiendront un avantage concurrentiel et pourront identifier les meilleures opportunités.

Auteurs

Philippe Abiven (Project Manager)
Mathieu Pélissier (Consultant)

¹⁾ Exemple des blockchains Bitcoin et Ethereum



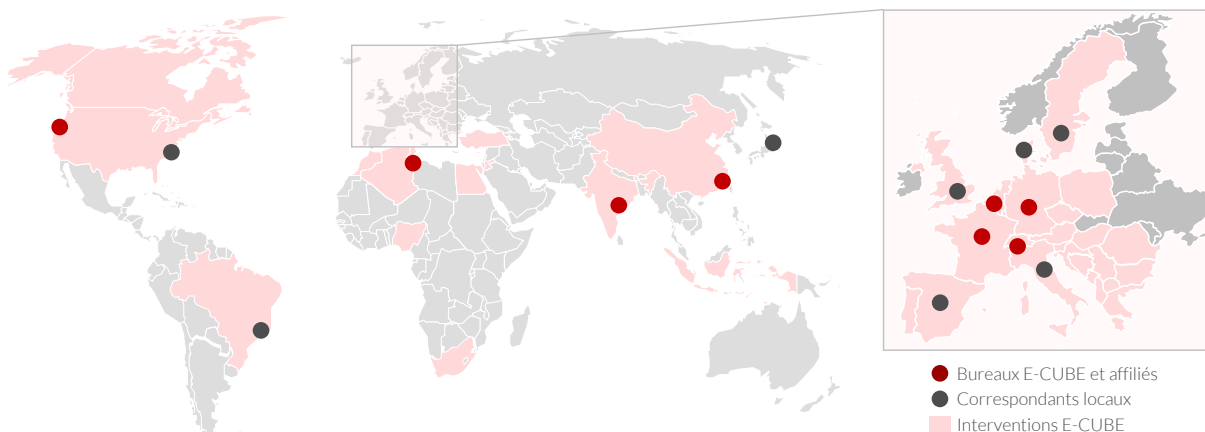
E-CUBE Strategy Consultants est un cabinet de conseil de Direction Générale exclusivement dédié aux enjeux énergétiques et environnementaux. Nous combinons les atouts de proximité, réactivité et flexibilité d'une petite équipe avec le plus haut niveau d'excellence et d'expérience d'une équipe internationale.

Nos trois domaines d'expertise en Suisse et en Europe :

- **Energie** : Accompagner les énergéticiens (électriciens et gaziers, acteurs des filières Nouveaux Renouvelables, compagnies pétrolières) dans l'anticipation et la prise en compte de l'évolution de leur environnement marché, réglementaire, concurrentiel et technologique. Assister les acteurs publics et privés dans l'évaluation ou la définition de leur stratégie afin d'intégrer les enjeux et les opportunités d'une « nouvelle donne » énergétique et environnementale.
- **Mobilité** : Accompagner les acteurs publics et privés de la mobilité (automobile, transport routier, ferroviaire, transport aérien, shipping, logistique) dans le cadre de leurs projets stratégiques, réglementaires et opérationnels. Accompagner les leaders de l'industrie et les collectivités dans la réévaluation de leur stratégie afin d'intégrer les enjeux du digital et l'essor des nouveaux modèles et usages.
- **Infrastructures** : Conduire des projets de stratégie de croissance ou d'amélioration de la performance pour des gestionnaires et opérateurs d'infrastructures. Assister les fonds d'investissement dans leurs acquisitions et prises de participation.

E-CUBE Strategy Consultants accompagne ses clients sur des problématiques globales à partir de ses bureaux à Paris, Lausanne et Bruxelles, et de ses bureaux de représentation et avec ses partenaires internationaux.

Pour plus d'informations, veuillez visiter www.e-cube.com.



Paris (France)

E-CUBE Strategy Consultants
8, rue Royale
75008 Paris

Lausanne (Suisse)

E-CUBE Strategy Consultants
Avenue de Rumine 33
CH-1005 Lausanne

Bruxelles (Belgique)

E-CUBE Strategy Consultants
Rue des Champs 64 Bte 14
B-1040 Bruxelles

Munich (Allemagne)

bozem | consulting associates
Kunstmänn Straße 5
80997 München

San Francisco (USA)

Menlo Energy Economics
1925 Nero Ct
Walnut Creek, CA 94598

Tunis (Tunisie)

International Energy Consulting
4 rue Bir Essaboa, Cité Ennasr 2
2037 – Ariana - Tunis

Chennai (Inde)

E-CUBE Strategy Consultants
Plot 64, 2nd link street, Nehru
Nagar, O.M.Road,
Thiruvanniyur, Chennai

Hong Kong (Chine)

E-CUBE Strategy Consultants
Unit 1305, Tower II, Metroplaza,
23 Hing Fong Road, Kwai
Fong, N.T. Hong Kong



PARIS — LAUSANNE — BRUXELLES — MUNICH — SAN FRANCISCO

TUNIS — CHENNAI — HONG KONG

**Autoconsommation collective et blockchain —
Deux phénomènes émergents et liés**
Novembre 2017
Copyright © E-CUBE Strategy Consultants SA
www.e-cube.com

*Toute reproduction sans l'autorisation de l'auteur
est interdite.*

Contact
Philippe Abiven — Project Manager
philippe.abiven@e-cube.com

Photo par Rodion Kutsaev — Country Powerlines