



```
error_object
operation == "MIRROR_X":
    mirror_mod.use_x = True
    mirror_mod.use_y = False
    mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Y":
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = True
    mirror_mod.use_z = False
operation == "MIRROR_Z":
    mirror_mod.use_x = False
    mirror_mod.use_y = False
    mirror_mod.use_z = True

#selection at the end - add back the de
mirror_ob.select=
modifier_ob.select=
bpy.context.scene.objects.active = modifier
print("Selected" + str(modifier_ob))
#mirror_ob.select = 0
bone = bpy.context.selected_objects[0]
#bpy.data.objects[bone.name].
except:
    print("please select exact two obje

OPERATOR CLASSES
tool

errorX(bpy.types.Operator):
    This adds an X mirror to the selected obje
    name = "object.mirror_mirror_x"
    label = "Mirror X"

classmethod
poll(cls, context):
```

NODE 05

NODE 03

NODE 02

NODE 04

BLOCK 01

BLOCK 01

NODE 01

Les opportunités de la  
**blockchain** pour le secteur  
de **l'énergie**

# Agenda



Introduction à la

## **blockchain**

Enjeux, principes, acteurs et projets..... **4**



Aperçu des

## **cas d'usage Energie**

cas d'usage Energie..... **12**



Réflexion sur les

## **enjeux réglementaires**

propres au secteur de l'énergie..... **18**



Conclusion et

## **perspectives**

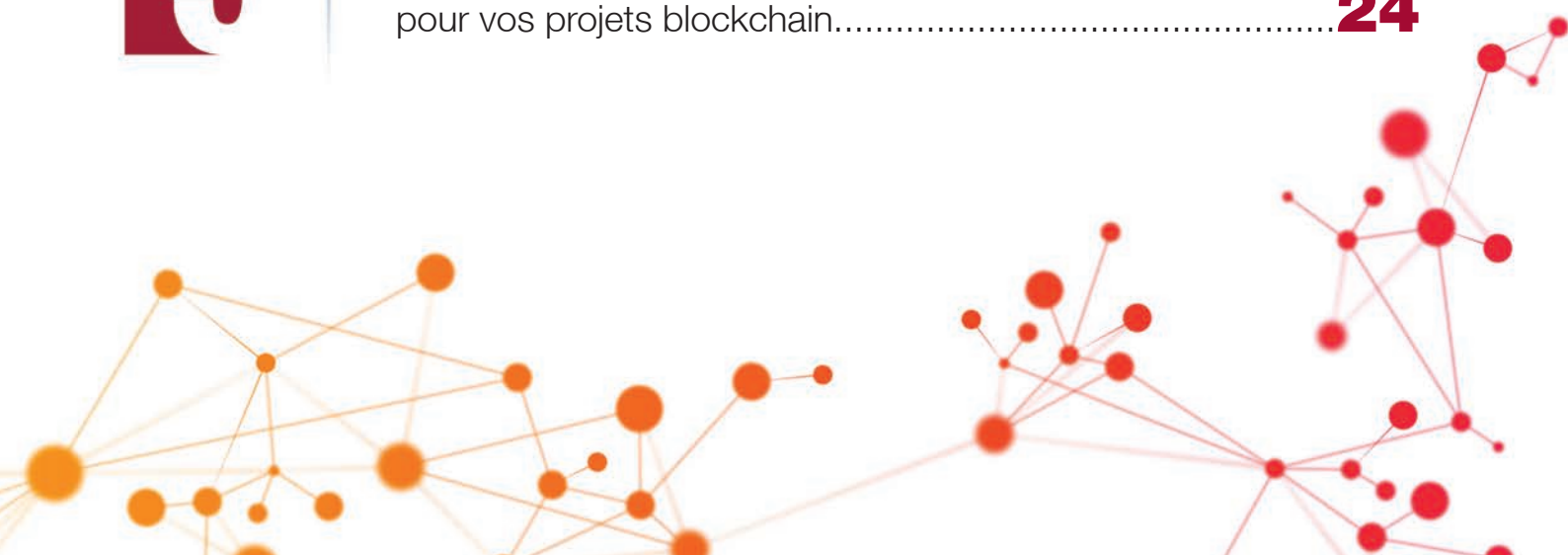
pour les acteurs de l'énergie..... **22**



L'offre de valeur de

## **CGI Business Consulting**

pour vos projets blockchain..... **24**



# En résumé

Le postulat que la blockchain détient le potentiel de redistribuer les marchés et de redéfinir l'économie dans son ensemble est aujourd'hui largement partagé. Ces trois dernières années, ce sont plus de **2500 brevets** qui ont été déposés sur cette technologie. Rien que sur le premier trimestre 2016, plus de **1 Milliard \$** a été investi dans les startups de la blockchain et, selon le World Economic Forum, **10% du PIB** mondial pourrait être créé sur des plateformes blockchain en 2025. Face à cette tendance émergente mais massive, les organisations s'interrogent : « Menace ou opportunité » ?

## Un système d'archivage et d'échange sécurisé

La blockchain est une technologie de stockage et de transmission de l'information (données et transactions), basée sur un registre sécurisé et distribué, et dont la gouvernance peut être décentralisée entre pairs. Dans une blockchain, les données sont certifiées par certains membres du registre (les mineurs) et sont vérifiables par tous les autres. Pour corrompre ce consensus distribué, il faudrait, sur une blockchain publique, pouvoir corrompre 51% des serveurs au même moment, ce qui n'a jamais pu être le cas jusqu'ici.

## Une technologie peu mature...

La plateforme blockchain la plus connue et la plus mature est Bitcoin, mais plus de 700 autres plateformes existent sur le marché, pour des usages liés aux crypto-monnaies ou non. Ces plateformes sont pour la plupart en version beta, les API et la documentation qui les accompagnent sont encore lacunaires, les REX encore bien peu nombreux, et la capacité à industrialiser les développements et l'exploitation restent en perspective.

## ... mais une technologie prometteuse

Alors, pourquoi tant d'engouement médiatique et pourquoi un nombre exponentiel de PoCs annoncés chaque semaine ? De fait, nombreux sont ceux qui entrevoient dans la blockchain les prémices d'une rupture majeure de nos sociétés, davantage sociétale que technologique.

A la façon de l'internet, la blockchain n'apporte pas d'innovation technologique en soi, mais combine des technologies existantes de manière pertinente pour susciter l'apparition de cas d'usage et de modèles d'affaires innovants, dans de nombreux secteurs, et en particulier dans celui de l'énergie.

## Les opportunités pour le secteur de l'énergie

Sécurité, immutabilité, disponibilité, transparence, mais également possibilité d'automatiser à moindre coûts des processus aujourd'hui fastidieux, sont les principaux attraits de la blockchain. Ils se déclinent sur une multitude de cas d'usage, de la production à la fourniture, en passant par les fonctions support : traçabilité des actifs et des interventions, gestion des alertes des objets connectés, transparence des échanges, capacité à gérer des micro-transactions et à réconcilier les flux (production ENR, recharge d'un véhicule électrique, échange de garanties d'origine, effacement, économies d'énergie), création de nouveaux services clients (programmes de fidélité), publication des données de comptage... Pour l'ensemble de ces activités, la blockchain permettrait d'optimiser les processus, de réduire les coûts de gestion et d'améliorer l'expérience client. On dénombre aujourd'hui une trentaine d'expérimentations dans le secteur de l'énergie, dont la plus médiatique est celle d'échange d'électricité photovoltaïque entre habitants de President Street, à Brooklyn, Etats-Unis.

## Le discours de la méthode

Les cas d'usage cités ici illustrent assez bien le potentiel que détient la blockchain de bousculer les modèles d'affaires actuels dans le secteur de l'énergie ainsi que de redistribuer les positions des acteurs.

Néanmoins, la blockchain n'est pas la solution universelle à tous les problèmes de sécurisation, d'échange ou d'automatisation des transactions. Un diagnostic précis de l'organisation, de ses processus, de sa culture et des cas d'usage qui en découlent doit être mené afin d'évaluer la pertinence de la blockchain par rapport à d'autres solutions existantes (SGBD, middleware, ...).

## Try fast, learn faster

Le rythme d'adoption (et de disparition) des technologies s'accélère et, face à une solution prometteuse mais encore immature, il convient a minima d'en explorer les possibilités, d'en analyser les impacts sur l'organisation et le marché et, le cas échéant, d'y adapter le cadre réglementaire.

L'expérimentation, au-delà du proof-of-concept technique, devra s'attacher à en démontrer la valeur pour l'écosystème des partenaires. Cela implique une démarche d'acculturation des parties prenantes, de co-construction des règles de marché et une gouvernance partagée du système... Autant de concepts auxquels les tiers de confiance historiques ne sont pas tous habitués.

## Une réglementation favorable mais à préciser

Le cadre réglementaire européen (Paquet Hiver compris) et français de l'énergie (Loi sur la transition énergétique et les ordonnances associées sur la production ENR et l'autoconsommation, RGPD, ...) forment un terrain propice au développement de la blockchain, en particulier autour des microgrids, de la recharge des véhicules électriques, ou de la gestion des garanties d'origine. Il reste néanmoins un certain nombre de points à clarifier (statut du « consomm'acteur », responsabilité d'équilibre, financement des réseaux).

Plus généralement, de nombreux processus peuvent tirer parti des capacités de traçabilité, d'authentification et d'automatisation apportées par la blockchain, mais le statut juridique de ces preuves reste à codifier, tout comme le règlement des différends, notamment à l'international.

## Le saut dans un nouveau monde

En décentralisant la confiance, la blockchain désacralise les institutions et les Etats qui en sont les garants. Nul doute que cette grande « désintermédiation du monde » laissera des traces dans les modes de pensée des organisations et des citoyens, même après la disparition du bitcoin !

### Iterative approach

Expand by adding new actors, functionalities and use cases

### Don't forget IS best practices

Alignment with IS strategy, Ensure scalability, testing, and security-by-design

### Co-construction

Involve all business stakeholders, partners, regulators, ...



### Business first !

Identify the business pains and define precisely your use case

### Try fast, learn faster

Adopt a test & learn approach : one proof of value for one use case

### Align with business strategy

Blockchain is not a panacea : carefully assess the blockchain relevance to your strategy

Les 6 étapes d'un projet blockchain







Introduction à la  
**blockchain**  
Enjeux, principes, acteurs et projets





# 1 | Enjeux, risques et opportunités de la blockchain

## Une tendance émergente mais massive

L'internet de la valeur est en marche ! L'idée que la blockchain détient le potentiel de redéfinir les modèles d'affaires et de remettre en cause les positions acquises est aujourd'hui largement partagée. Après le secteur de la finance, c'est aujourd'hui celui de l'énergie qui est concerné, par l'éclosion d'une significative vague de projets pilotes. La Banque de France, JP Morgan, le Nasdaq, Barclays et Visa explorent depuis longtemps les opportunités blockchain pour la finance ; dans le secteur de l'énergie, le projet d'échange d'électricité entre pairs mené à Brooklyn est de loin le plus médiatisé mais RWE, Vattenfall, Wien Energy et Engie ont également lancé leurs propres expérimentations. Cette technologie de stockage et de transmission d'information à travers un registre décentralisé, sécurisé et transparent, culmine aujourd'hui au sommet des agendas de l'innovation. Ces trois dernières années, ce sont plus de 2500 brevets qui ont été déposés<sup>1</sup> sur cette technologie et sur le seul premier trimestre 2016, plus de 1 milliard de \$ a été investi dans les startup de la blockchain<sup>2</sup>.

## Les enjeux

La création du Bitcoin en 2008 visait déjà la désintermédiation du secteur bancaire. Depuis, plusieurs consortia, comme R3, réfléchissent à l'usage de la blockchain pour remplacer les systèmes de règlement interbancaires actuels. Dans le secteur de l'énergie, la blockchain peut remettre en cause l'organisation des marchés telle qu'elle a été définie depuis leur ouverture dans les années 1990, avec des avancées comme le financement participatif dans les ENR, des transactions directes entre producteur et consommateur, les réseaux privés, etc.

A contrario, la blockchain est également source de nouvelles opportunités pour les acteurs historiques, pour réduire leurs coûts de gestion, sécuriser leurs opérations, développer de nouveaux services pour leurs clients et renouveler leur statut de tiers de confiance.

L'enjeu pour ces acteurs est ainsi de savoir anticiper une évolution autant sociétale que technologique, de « disrupter » avant de se faire « disrupter », et pour ce faire, pouvoir aborder sans interdit les questions suivantes :

- Quels seront les tiers de confiance de demain ?
- En quoi la blockchain peut générer de la valeur pour mon entreprise ?
- Quelles sont les réelles opportunités de la blockchain et ses limites ?
- Comment expérimenter la blockchain pour valider sa faisabilité et évaluer ses impacts ?
- Quel positionnement adopter dans l'écosystème de la blockchain ?
- Quels sont les bons partenaires ?
- Quelles évolutions réglementaires sont nécessaires pour la blockchain ?

Dans le cadre d'une stratégie volontariste, il convient d'abord de déterminer l'ensemble des cas d'usage pertinents de la blockchain, d'en objectiver les bénéfices, d'estimer son rythme d'adoption, pour enfin définir la trajectoire d'adaptation de l'entreprise et assurer les conditions de succès.

Cette démarche se rapproche de celle déjà empruntée par les entreprises engagées dans leur transformation digitale. A ceci près que l'exercice nécessite ici de savoir s'affranchir des barrières réglementaires actuelles, de se mettre dans la peau d'un « barbare de l'économie ». A l'instar des verrous réglementaires déjà levés par le développement d'internet, la réglementation saura aussi s'adapter à la blockchain, et c'est dès aujourd'hui qu'il faut s'y préparer.

<sup>4</sup> World Economic Forum 2016

<sup>5</sup> Techcrunch

<sup>3</sup> Hyperledger.com

## Une tentative de définition

La blockchain est une technologie de stockage et de transmission de l'information numérique, décentralisée, sécurisée, transparente, chronologique et réputée infalsifiable. En effet, chaque transaction est visible de tous ses membres, qui peuvent en vérifier l'authenticité.

C'est également un registre actif, qui pourra exécuter des traitements simples, mais dont le code (la logique) et les données d'entrée seront également certifiés et vérifiables.

On décrit ci-après le processus de validation d'une information par la blockchain (cf. fig 1.).

## Principe de fonctionnement

La validation d'un bloc (un bloc regroupe un ensemble de transactions) est réalisée par des membres particuliers (les nœuds appelés « mineurs »). Ces mineurs sont rémunérés pour la réalisation des traitements de validation. Tous les autres membres de la blockchain (les nœuds simples) pourront vérifier ces blocs, renforçant ainsi la confiance des transactions. Seuls les blocs validés sont intégrés au reste de la chaîne, de manière chronologique. L'ensemble des blocs forme ainsi un registre a priori immuable car la modification d'un bloc nécessiterait de réécrire l'ensemble de la chaîne.

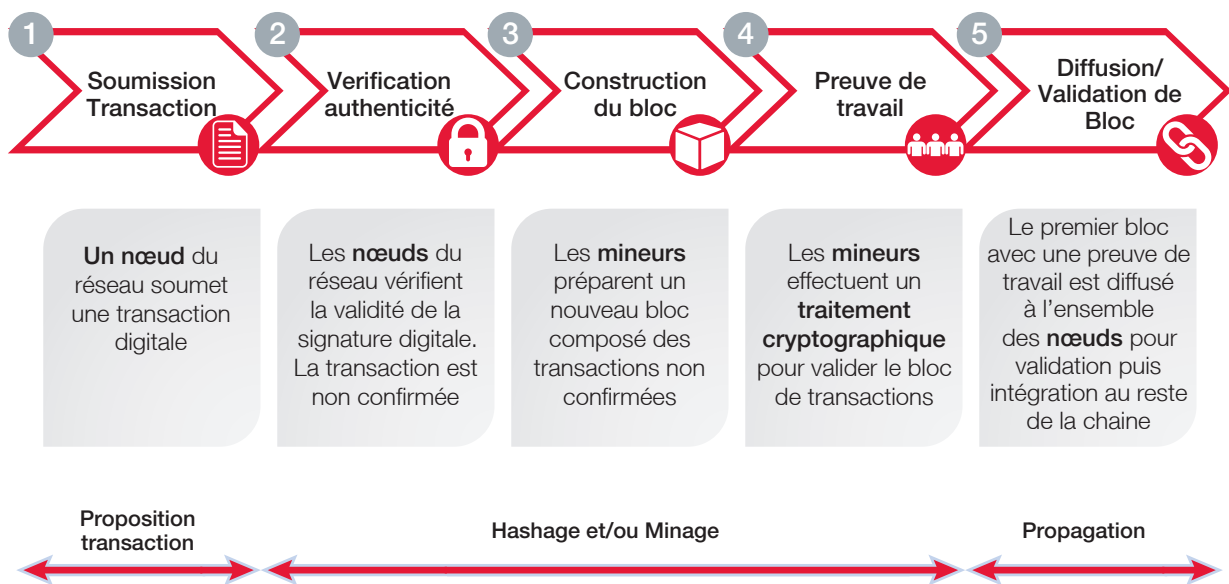


Fig. 1: Principales étapes d'un processus blockchain

## Les 3 caractéristiques principales d'un registre blockchain



### Un registre sécurisé

Assurant une fonction de notariat, le registre stocke des transactions, de manière authentifiée, chronologique et chiffrée, ad vitam, et le tout de manière réputée infalsifiable.



### Un registre partagé

Le registre, accessible d'égale manière par l'ensemble des membres, permet de gérer une transaction, en authentifiant ses parties prenantes, son contenu et ses méta-données (date, lieu).



### Un registre actif

A travers la notion de Smart Contracts, le registre peut exécuter de façon autonome un programme (lui-même infalsifiable), permettant d'automatiser des transactions.



## Les applications

A partir des trois caractéristiques principales de la blockchain citées plus haut, on peut décliner les principaux apports de cette technologie pour les acteurs du secteur énergétique.

### Preuve d'existence et de propriété

En authentifiant l'émetteur d'un message ou les parties prenantes d'une transaction, la blockchain permet de certifier l'existence d'un actif, son propriétaire ou son transfert entre deux acteurs.

### Confidentialité et non-répudiation des échanges

En chiffrant le contenu de la transaction, la blockchain assure qu'elle ne sera connue que des destinataires autorisés.

### Preuve de véracité et d'antériorité

En empêchant la modification du contenu et des méta-données de la transaction (date/heure, position GPS), la blockchain permet de prouver l'état d'un actif à une date et dans un lieu donné.

### Transparence des échanges

Ouverte en lecture à tous ses membres, la blockchain permet à chacun de vérifier la véracité des informations du registre.

### Automatisation

A travers les Smart contracts, il est possible de déclencher automatiquement une action, comme un transfert d'actif ou l'envoi d'une alerte.

### Comptage et valorisation

Les Smart contracts permettent de valoriser automatiquement des données, comme celles issues des compteurs.

### Réconciliation et compensation

Au travers de règles d'affectation et de priorisation, les Smart contracts permettent enfin d'affecter des valeurs ou des écarts à des acteurs définis.

## Les mots clés de la blockchain

### Cryptographie asymétrique

Méthode de chiffrement utilisant deux clés : le message est crypté avec la clé privée (secrète) de l'émetteur et la clé publique du récepteur. Le déchiffrement se fera, à l'inverse, en utilisant la clé publique de l'émetteur et la clé privée du récepteur. Cette méthode permet à la fois de s'assurer que le message ne pourra pas être intercepté, ni modifié. En revanche, si une clé privée est perdue, elle ne peut être régénérée et l'ensemble des données qu'elle aura servi à crypter deviendront indéchiffrables.

### Hashage

Fonction de cryptographie unidirectionnelle, permettant de convertir une information source en un code unique, de taille fixe (le « hash », ou « empreinte »). Il n'est pas possible de reconstituer la source à partir du hash. En revanche, la même source ne peut conduire qu'à un hash unique, étant fixée la clé de hashage.

### Minage

Le minage désigne le travail réalisé par les membres de la blockchain en charge de la validation des blocs (nœuds « mineurs ») via leur moyens de calcul, pour vérifier les blocs et s'assurer que chaque copie de la chaîne de blocs reste cohérente entre les nœuds.

### Preuve de travail (Proof of work)

La « preuve de travail » (proof of work) est la méthode la plus répandue dans la blockchain pour aboutir à un consensus quant à la validité de la chaîne de blocs. Ce traitement requiert une puissance de calcul importante, qui est rémunérée en crypto-monnaie. La blockchain ajuste le niveau de difficulté de la preuve de travail avec le temps. Dans le cas Bitcoin, un seul ordinateur du réseau y parvient en environ dix minutes. La difficulté est régulièrement adaptée pour maintenir cet intervalle. D'autres mécanismes existent, comme la preuve d'enjeu.

## Des opportunités avérées...

Les opportunités créées par la blockchain, en termes d'optimisation des processus, de transparence et de traçabilité (cf figure 2) sont aujourd'hui largement partagées. Les possibilités d'automatisation qu'elle recèle permettent d'envisager une approche plus « lean » des processus d'entreprise et des mécanismes de marché. La substitution des tiers de confiance institutionnels par un mécanisme de consensus distribué semble, quant à elle, annoncer une ère de désintermédiation massive.

Dans le secteur de l'énergie, et au travers des fonctionnalités décrites plus haut, les applications de la blockchain permettraient en particulier de faciliter la gestion des micro-transactions, l'équilibrage du réseau, l'échange d'électricité entre pairs ou de développer les programmes de fidélité.

Beaucoup envisagent la blockchain comme le futur grand middleware universel ; nous estimons pour notre part que les opportunités réelles restent à qualifier plus finement (cf. Chapitre 2).

## ... et des limites surmontables

Les principales limitations actuelles de la blockchain sont classiques d'une technologie émergente : API limitées et non stabilisées, documentation parcellaire, scalabilité non assurée et standardisation inachevée. Nul doute, en revanche, que la durée de maturation de la blockchain sera plus rapide que celle des technologies de l'internet (cf. Encart page 9).

S'agissant des risques liés à la sécurité, rappelons que les attaques actuelles n'ont concerné que les applications périphériques, ou des failles dans les Smart contracts, mais jamais le cœur de la blockchain. Reste les risques de perte ou de vol de clés privées et le fameux risque de distorsion de consensus si plus de 51% des nœuds d'un réseau sont corrompus. Les plateformes travaillent à limiter ces risques. Ethereum envisage par exemple de passer d'un consensus via Preuve de travail à la Preuve d'enjeu (Proof of stake, autorisant les minages à proportion de la confiance acquise).

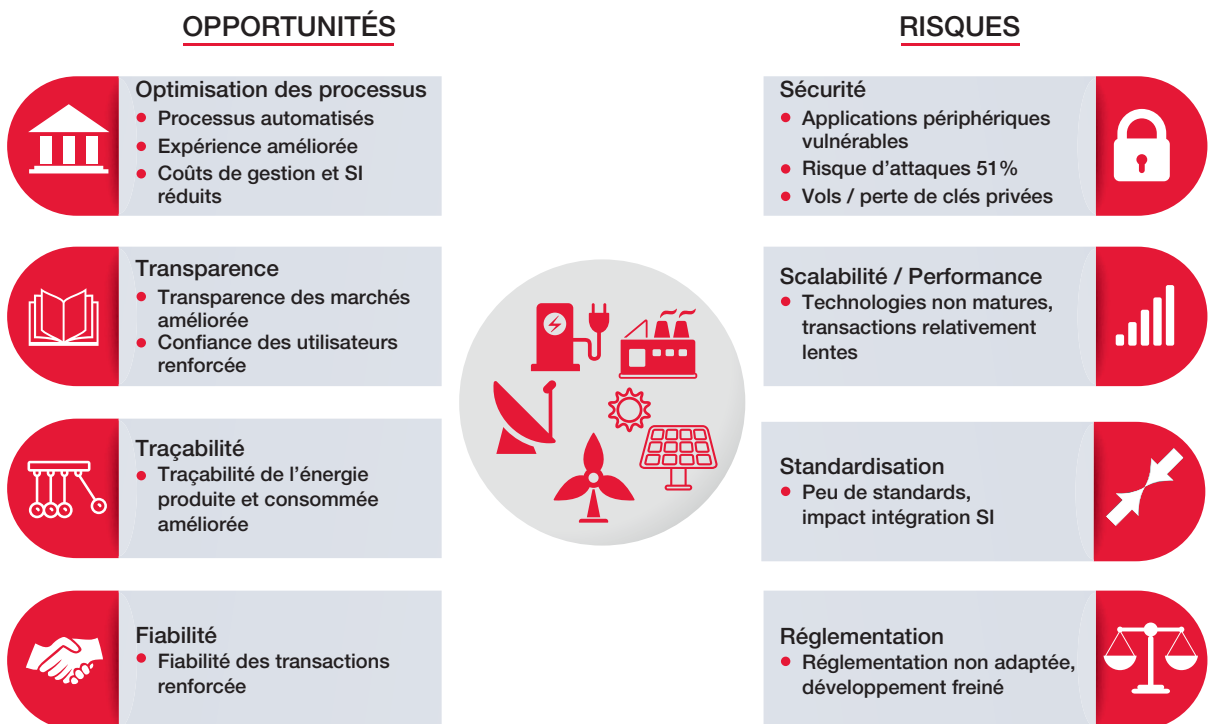


Fig. 2: Principaux risques et opportunités de la Blockchain

# Parallèle entre le développement d'internet et de la blockchain

## Existe-t-il un schéma d'adoption pour une technologie "fondamentale" ?

Les protocoles TCP/IP, apparus dans les années 80, ont entraîné un bouleversement majeur des économies mondiales en moins de 30 ans. Internet a, dans un premier temps, été pensé pour faciliter la mise en réseau des ordinateurs entre différents centres de recherche. Lors des premières réflexions pour une généralisation de ces protocoles, les architectes se sont montrés sceptiques soulignant notamment les risques de sécurité et de scalabilité (cf. figure 2 Principaux risques et opportunités de la blockchain) .

Entre le milieu des années 1980 et la fin des années 1990, un nombre croissant d'applications ont été développées sur le « réseau des réseaux », jusqu'à la conception du protocole HTTP en 1989, destiné à la création de pages reliées entre elles par des liens hypertexte, ce qui deviendra le World Wide Web.

A son tour, l'HTTP a engendré un nombre exponentiel d'applications, alimenté par l'essor de la micro-informatique professionnelle puis grand public ; la démocratisation de l'accès était alors lancée.

Dans les années 2000, émerge une nouvelle génération d'entreprises, tirant partie de la baisse du coût de la connectivité et de l'apparition de terminaux mobiles pour proposer des services commerciaux : c'est l'avènement des *pure players* de l'internet et la remise en question des acteurs traditionnels (dits *brick & mortar*).

**Usage de niche, substitution et enfin mutation de l'économie sont les étapes classiques de l'adoption d'une technologie "fondamentale".**

Le développement de l'internet actuel a pris une trentaine d'années. Malgré les similarités évidentes avec la blockchain, il est difficile de prédire de façon précise ce que sera la courbe d'adoption de cette dernière, mais elle sera sans doute plus rapide.

En référence à l'internet, on pourrait considérer que la blockchain se situe aujourd'hui à une époque équivalente à celle de la fin des années 1990, quand nul n'était en mesure de prédire l'explosion d'internet (Bitcoin est aujourd'hui la seule application blockchain en production, les autres étant encore en test).

Goldman Sachs<sup>5</sup> prévoit néanmoins une généralisation de la blockchain d'ici une dizaine d'années, bien que cette prévision reste fortement dépendante de la levée de barrières réglementaires.

Aujourd'hui, force est de constater l'appétence sociétale pour ce type de technologie : avènement du consomm'acteur, décentralisation des politiques énergétiques, objectifs de développement ENR, émergence de l'effacement, développement de l'économie du coût marginal zéro et de l'économie circulaire... Tout concourt au développement rapide de la blockchain. **S'y préparer dès aujourd'hui est un impératif afin de pouvoir anticiper l'économie de demain.**

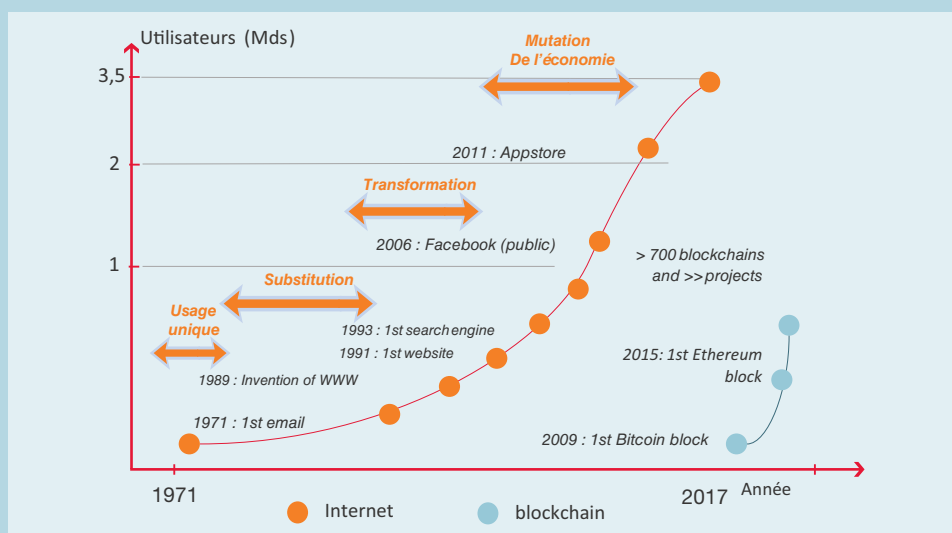


Fig 3: Développement Internet versus blockchain<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Harvard Business Review, the truth about blockchain and CGI Business Consulting Analysis

<sup>5</sup> Profiles in Innovation blockchain, Goldman Sachs, 2016

## Les acteurs de la blockchain

**Les Enablers:** ils mettent à disposition la technologie en elle-même, le Core blockchain, ex. Bitcoin, Ethereum, Hyperledger... Il en existe déjà plus de 700 sur le marché.

**Les Embedders:** Les fournisseurs d'API et de plateformes BaaS (blockchain as a service) étendent les fonctions de Core blockchain, afin d'en faciliter la mise en œuvre. Les intégrateurs et éditeurs développent les applications sur base de blockchain. Parmi eux, certains se spécialisent dans d'édition de solutions packagées propres à un secteur d'activité. Ces partenaires privilégiés ont vocation à accélérer les projets des acteurs de l'énergie souhaitant lancer des expérimentations.

**Les Enhancers** sont les consortia créés pour promouvoir et standardiser la blockchain. Une vingtaine de consortia ont déjà été créés (ex.: R3 pour le secteur financier) ; ils ont un rôle majeur à jouer dans l'adoption de cette technologie.

## Les projets en cours

De nombreuses expérimentations ont été lancées dans le secteur de l'énergie, la majorité se situant sur le marché B2C, notamment autour de l'échange d'énergie de garanties d'origine entre pairs. La figure 5 en présente les plus marquantes à date.

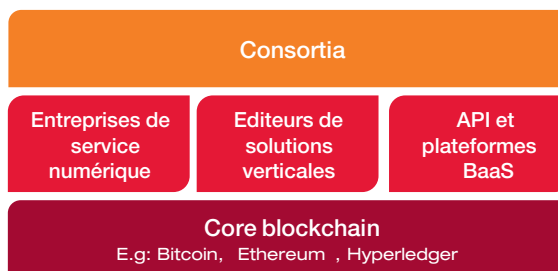


Fig. 4: Les acteurs de la blockchain

**LO3 Energy** est une startup née en 2015 et à l'origine de la création d'une plateforme blockchain d'échange d'électricité solaire entre particuliers à Brooklyn, USA (projet Transactive Grid, réalisé en partenariat avec Consensys).

**CGI Business Consulting** a développé un partenariat à vocation technologique avec LO3 Energy pour permettre à ses clients du secteur de l'énergie d'identifier et de mettre en pratique des cas d'usage blockchain s'appuyant sur le retour d'expérience du projet TransactiveGrid.

Ce rapprochement avec LO3 Energy permet à CGI Business Consulting de proposer à ses clients une offre de conseil intégrée autour de la blockchain et sur les dimensions internationale et technologique.

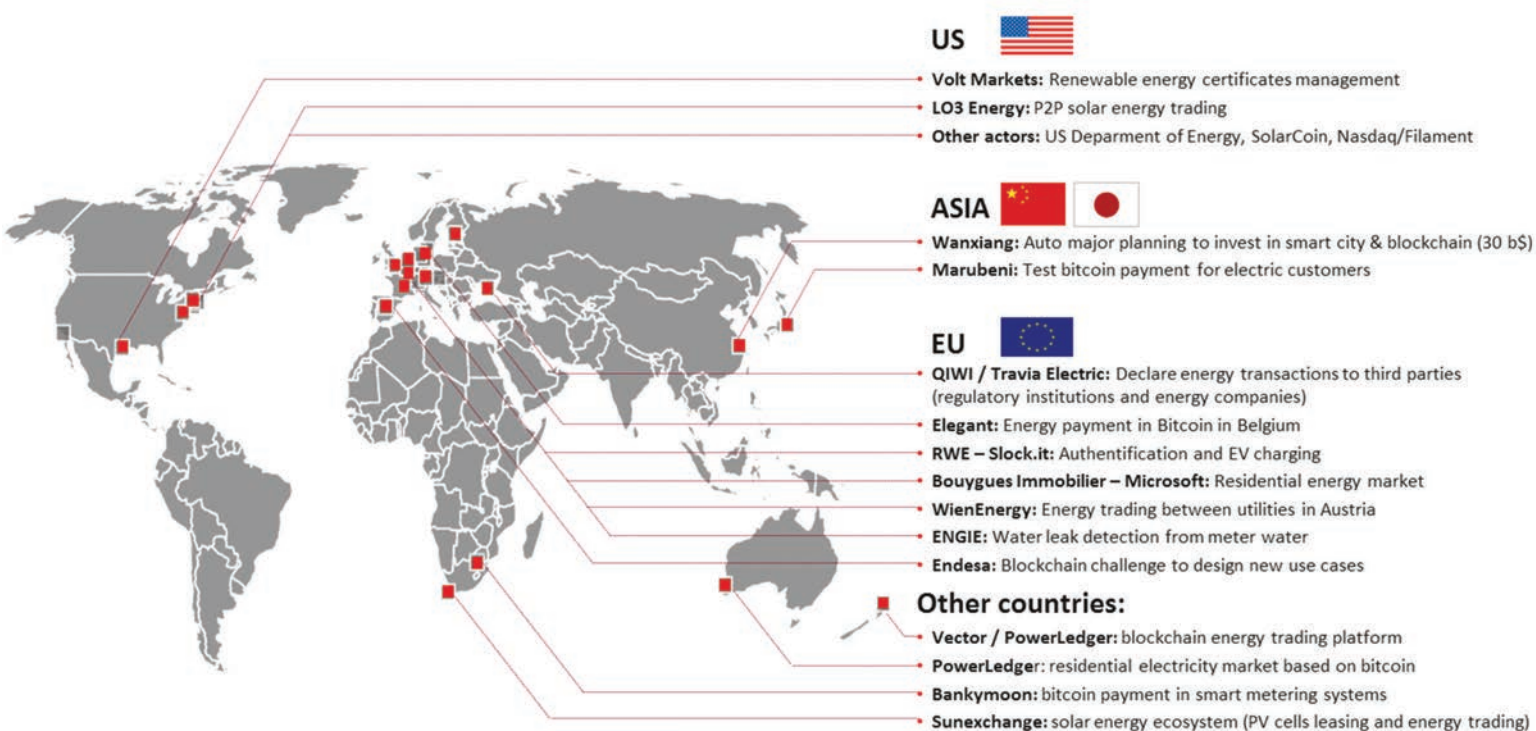


Fig 5: Principaux projets et acteurs blockchain dans l'énergie







Aperçu des  
**cas d'usage Energie**  
pour la blockchain



# 1 | Les cas d'usage dans le secteur de l'énergie

## Identification des cas d'usage

Afin de vérifier la pertinence technologique de la blockchain sur une problématique métier, il peut être utile de faire appel à une grille d'analyse, telle que celle présentée en figure 7. La première motivation du recours à la blockchain est la nécessité de stocker et de partager des données, la sécurité et la transparence. Viennent ensuite la perspective d'optimiser des processus complexes, d'en réduire les coûts ou la durée, les exigences de confidentialité et l'absence de forte contrainte de scalabilité et de temps de réponse.

Ainsi, dans le cas du trading à haute fréquence, les vitesses de transaction qu'offre la blockchain aujourd'hui (10 secondes pour Ethereum et 10 minutes pour Bitcoin) ne permettent pas l'utilisation de cette technologie en son état de développement actuel.

## Les applications dans le secteur de l'énergie

De nombreux cas d'usage sont envisageables dans le secteur de l'énergie, ils sont présentés ci-après.

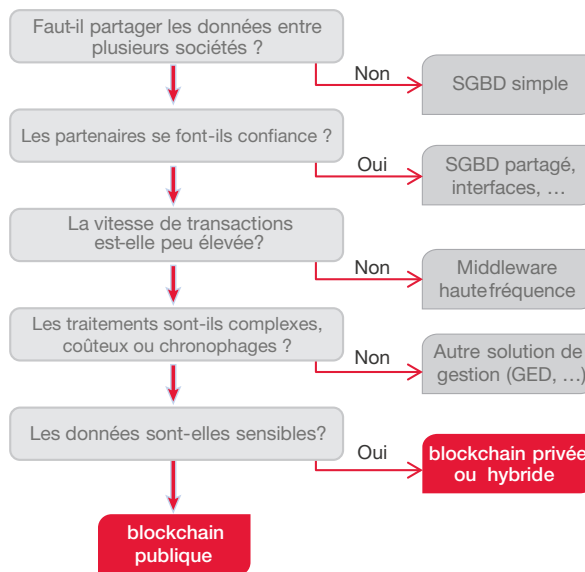


Fig. 7: Logigramme d'analyse de pertinence

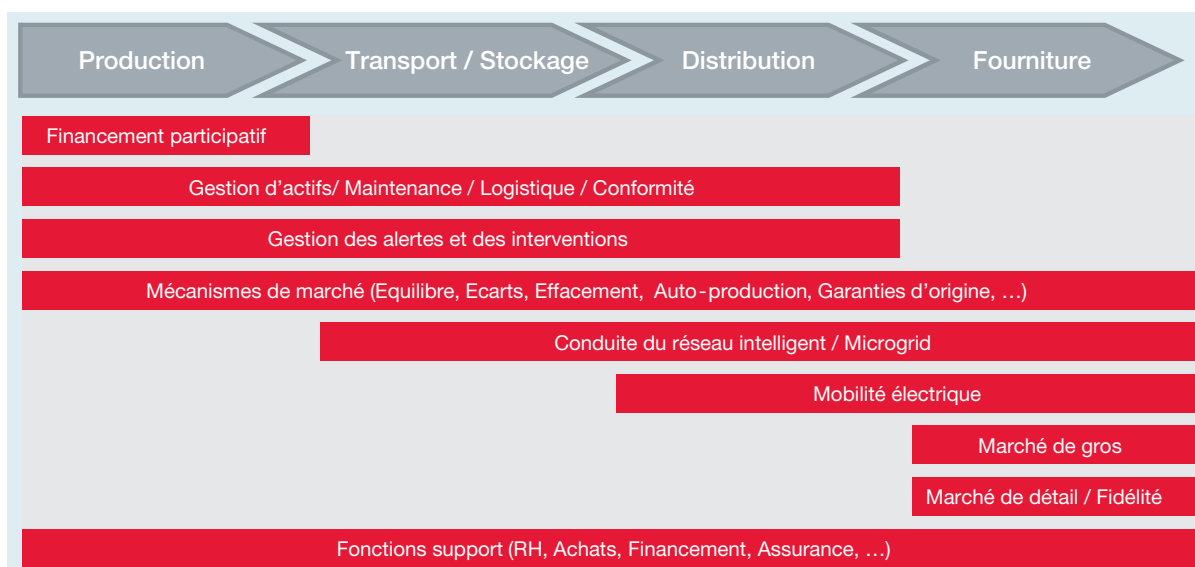


Fig. 8: Cas d'usage de la blockchain sur la chaîne de valeur de l'énergie

**Le financement participatif** de projets de production ENR par les particuliers peut trouver une opportunité de développement dans la blockchain, notamment s'il est associé à une rémunération via une cryptomonnaie. En France, la startup Lumo rétribue les investisseurs en partie en Solarcoins, pouvant être utilisés comme coupons de réduction chez les producteurs d'électricité.

#### **Gestion d'actif, Maintenance, Logistique, Inventaire, Immobilisation, Conformité, QHSE**

La blockchain peut contribuer à faciliter et à certifier l'inventaire du réseau (équipements, état, géolocalisation, journal des événements, historique des opérations de maintenance) via un registre partageable entre tous les intervenants (propriétaire et exploitant, concédant et concessionnaire, autorités de contrôle, ...).

La blockchain permet également d'identifier correctement les pièces à remplacer, de vérifier l'authenticité des pièces de rechange et de s'assurer de l'utilisation de la bonne version des gammes opératoires. La startup Blocs & Compagnie propose ainsi des solutions permettant d'auditer l'exécution des processus métier.

Les enjeux de traçabilité sont particulièrement importants dans le cas de la supply chain. La startup américaine CryptoSeal propose de transposer le cachet de cire à l'ère numérique : une puce NFC contenant des informations d'identification enregistrées et vérifiées grâce à la blockchain. Apposée sur un produit, cette puce permet d'en suivre précisément le parcours, de la production à la mise au rebut. Le partage de données entre acteurs permet également de simplifier le dédouanement des produits importés, comme le pétrole.

#### **Gestion des alertes et des interventions**

Des fonctions blockchain associées à des objets connectés sur le réseau permettent d'émettre des alertes certifiées, pouvant servir à optimiser les interventions. Engie mène une expérimentation de ce type dans l'Yonne, autorisant un compteur d'eau à envoyer automatiquement une alerte à un technicien en cas de suspicion de fuite.

#### **Mécanismes de marché**

La plupart des mécanismes de marché mettent en œuvre des techniques de réconciliation de quantités mesurées, des plus anciens, comme la reconstitution des flux, aux plus récents, comme l'effacement ou la gestion des garanties d'origine.

A l'instar du cas d'usage des diamants, qui peuvent être tracés de la mine au client final, les transactions de garanties d'origine pourront être tracées par la blockchain. Dans un second temps, c'est même la création des GO qui pourra être automatisée via des Smart Contracts. Aux USA, la startup Volt Market expérimente ainsi une plateforme d'échange de certificats verts. Dans le cas de l'effacement, le recours à la blockchain est envisagé pour certifier les kWh non consommés.

#### **Conduite du réseau intelligent**

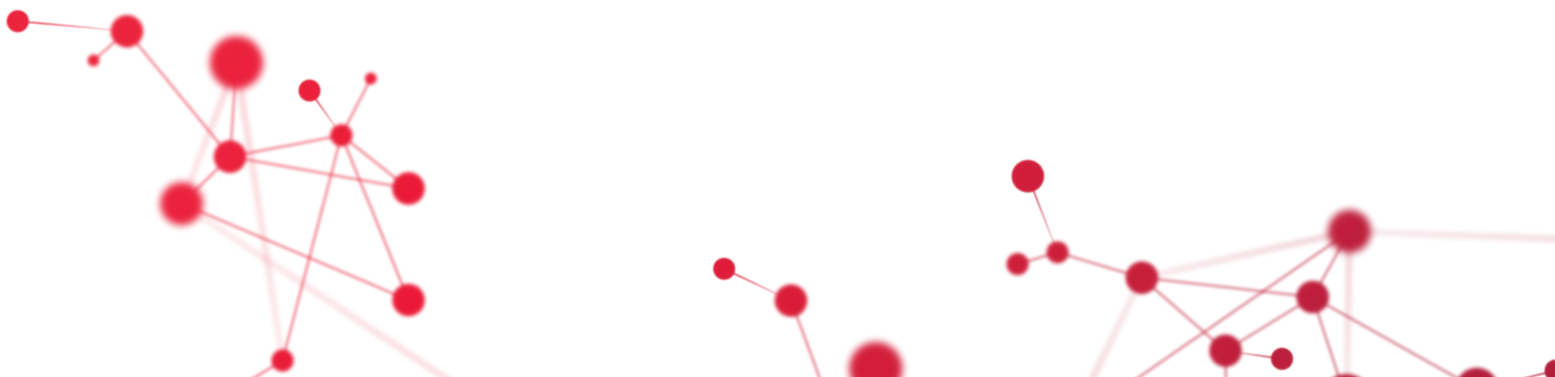
Dans le domaine du transport et de la distribution, la blockchain recèle également d'opportunités pour la conduite du réseau, et en particulier pour faciliter l'équilibrage local, là encore en mettant à profit les possibilités de réconciliation des flux.

#### **Mobilité électrique (voire gaz)**

La blockchain apporte des réponses intéressantes à plusieurs besoins : identification automatique du véhicule qui se connecte à une borne, affectation des flux à un auto-producteur, micro-transactions pour la facturation de l'énergie et de l'utilisation de la borne, smart charging (là encore, une question d'équilibrage local), ... En Allemagne, certains de ces cas d'usage sont expérimentés par RWE, avec la collaboration de la startup Slock.it.

#### **La gestion de l'auto-consommation ENR est**

un cas d'usage particulièrement intéressant car il regroupe nombre de ces problématiques : allocation des flux à un usager, facturation, génération de garanties d'origine (cf. les expérimentations de LO3 à Brooklyn, et celle de SunChain en France). La question du financement des réseaux restant partout ouverte, on pourrait également envisager des micro-transactions de facturation du TURPE.





### Marchés de gros et de détail

- La possibilité de porter les **plateformes de trading** sur la blockchain est régulièrement évoquée avec comme avantage de faciliter son ouverture aux clients finaux, notamment industriels, de simplifier les règlements internationaux, tout en assurant nativement la transparence des échanges.
- **Satisfaction client** : grâce à la blockchain, Buuyers.com promet de certifier l'authenticité des commentaires clients.
- Des **programmes de fidélité** peuvent également être gérés par une blockchain, des smart contracts assurant la gestion du solde du compte, points gagnés moins points utilisés. Le programme de fidélité peut ainsi s'étendre à un grand nombre de partenaires qui ne se connaissent pas, tout en allégeant la comptabilité (cf. la startup Cezam). A Dubaï, on teste ainsi un programme de fidélité destiné aux touristes.
- **Gestion des données clients** : l'authentification et la gestion des droits d'accès aux données via blockchain permettent de répondre aux exigences de transparence, de traçabilité et d'égalité de traitement des demandeurs d'accès aux données. Un ensemble de cas autour de l'identité digitale peut ainsi être imaginé.
- **Facturation** : le traitement de la facturation d'activités à faible valeur faciale peut être déporté sur la blockchain. Il permet ainsi d'en réduire les coûts de gestion tout en assurant la possibilité d'auditer des factures.
- La **publication des données clients**, en open data, peut également être réalisée de manière anonymisée sur une plateforme blockchain.

### Fonctions support

De l'authentification des diplômes pour la DRH, au paiement des fournisseurs à la livraison, en passant par l'émission d'actions hors marchés ou l'audit comptable, les applications de la blockchain sont vastes. Citons ici Postme, qui propose un service de gestion des flux de facturation entièrement automatisé et tracé sous blockchain.

### Facteurs clés de succès

Un ensemble d'éléments pour valider l'intérêt de la blockchain sur ses activités a été présenté dans les pages précédentes (cf. Typologies de blockchain, Analyse de pertinence, Panorama des cas d'usage dans le secteur de l'énergie, typologie des acteurs). Pour aller plus loin, nous recommandons également l'application des bonnes pratiques suivantes :

- Identifier l'ensemble des cas d'usage en **s'affranchissant des barrières réglementaires** actuelles, et en se mettant dans la peau d'un « nouveau barbare » de l'économie.
- Préparer l'évolution du **cadre réglementaire**, en particulier dans le cas d'activités régulées.
- Pratiquer une **analyse détaillée de l'impact** de la blockchain sur les activités de l'entreprise (risques, opportunités métier et marché), par exemple via une approche de type *Business Process Reengineering*.
- Limiter le premier **PoC technique** à un cas d'usage simplifié, avec un nombre restreint de parties prenantes et en lui assignant des critères de décision objectivables.
- Tirer parti de ce PoC pour **évaluer les solutions techniques** : les plateformes BaaS, les langages de développement, les APIs et plus globalement l'exploitabilité du système.
- Passer rapidement du PoC à un **MVP (Minimum Viable Product)** robuste, seul capable de permettre une simulation en conditions réelles des processus cibles.
- Adopter une **approche ROI** (ETP et coûts SI) sur les cas d'usage, et donc compléter le PoC à visée technique par une analyse PoV (proof-of-value).
- Effectuer un **bilan énergétique et carbone** de l'exploitation d'une blockchain, en particulier dans le cas des blockchains publiques.
- **Eviter des déploiements en « Big bang »**, peu de solutions étant matures à ce jour.



## Autres éléments de cadrage

Dans le cadre d'un prototype de blockchain à usage commercial, trois autres éléments de cadrage sont à déterminer avant de lancer un projet blockchain.

### blockchain Publique, Hybride ou Privée

La blockchain a initialement été pensée pour un usage ouvert à tous (même si, en phase pilote, limiter les accès permet de gérer plus facilement le périmètre et les tests).

Néanmoins, on constate aujourd'hui que la plupart des expérimentations en cours s'appuient sur des blockchain privées. Ces précautions s'expliquent soit par la crainte du « risque 51% », la publicité des transactions ou les délais de traitement inhérents aux blockchains publiques.

A contrario, la blockchain privée permet de définir le tiers de confiance qui régit les règles d'utilisation métiers et peut résoudre les litiges.

### blockchain Libre versus Gouvernée

Dans une blockchain privée ou hybride, tous les acteurs de ces blockchains sont connus. Reste néanmoins à définir qui en est le régulateur, qui seront les mineurs, qui peut créer des smart contracts... Ces questions sont fixées au travers d'une charte de gouvernance, pouvant évoluer et se traduisant en termes de droits d'accès.

Dans le cas des blockchains publiques, les enjeux de gouvernance sont différents mais tout aussi importants : qui coordonne les évolutions de la blockchain ? Comment influencer ces évolutions ?

### blockchain Modifiable versus Immuable

Les données de la blockchain, une fois validées, sont en général non modifiables. Afin d'être en mesure de modifier a posteriori et sous certaines conditions des éléments de la blockchain (par exemple en cas d'évolution d'un "smart contract", des acteurs proposent des blockchains modifiables, au risque de réduire la confiance dans cette technologie.

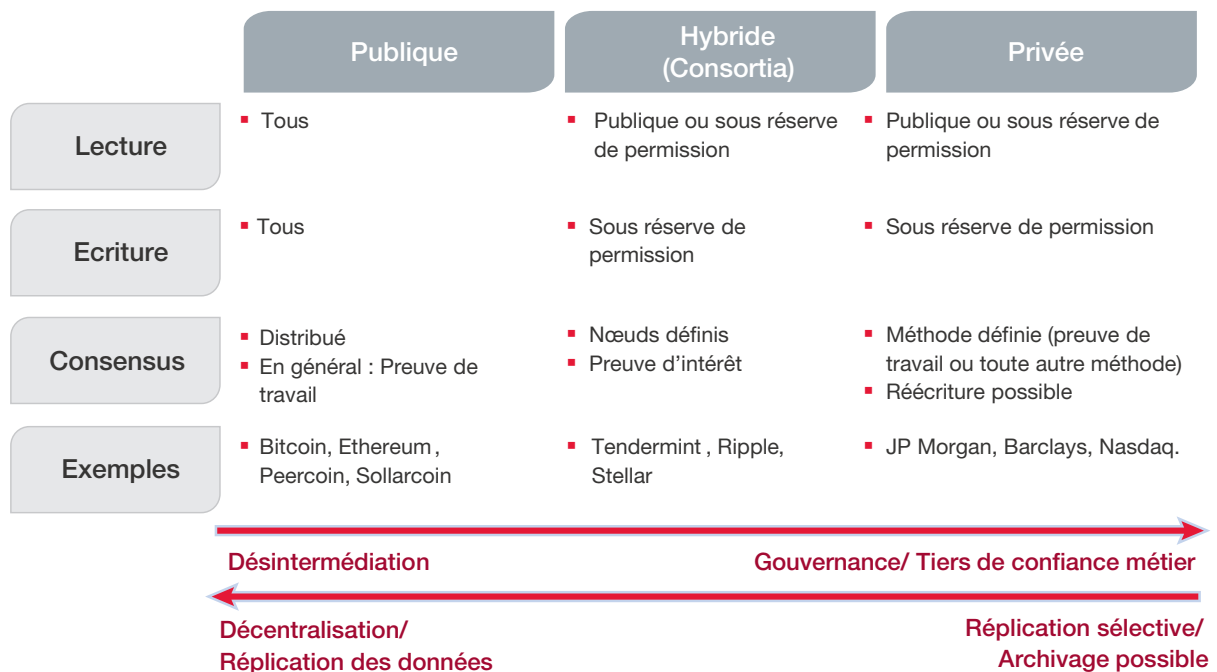


Fig. 6: Typologies de blockchain











Réflexion sur les  
**enjeux réglementaires**  
propres au secteur de l'énergie





## 3 | Enjeux et perspectives réglementaires

### L'évolution du cadre réglementaire européen en matière d'énergie crée un cadre favorable à la blockchain.

La Commission européenne souhaite que l'Union prenne la tête de la transition vers l'énergie propre et a défini trois nouvelles cibles pour 2030 :

- Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % pour les SEQE (secteurs soumis aux quotas d'émission) par rapport aux niveaux de 1990,
- Porter la part des énergies renouvelables à 27 % de la consommation européenne,
- Améliorer l'efficacité énergétique de 27 %.

Le prochain paquet législatif européen (dit « Paquet Hiver ») introduit une nouvelle approche, visant à concilier transition énergétique, croissance et protection du consommateur.

#### Un citoyen mieux protégé

Le cadre stratégique de l'UE de l'énergie à horizon 2030 expose la vision d'une union de l'énergie focalisée sur le citoyen. Ce dernier viendrait prendre à son compte la transition énergétique, en tirant parti des nouvelles technologies pour réduire sa facture, et prendrait une part active au marché. Cette focalisation sur le citoyen vise également à protéger les consommateurs les plus vulnérables.

#### De nouveaux droits

Le paquet énergie propre intègre que les consommateurs ont le droit de produire, de stocker, de consommer et de vendre de l'électricité autoproduite dans tous les marchés organisés ; soit individuellement, soit via des communautés.

La blockchain constitue une réponse à ces ambitions européennes, par sa capacité à favoriser les échanges en pair-à-pair, la gestion des microgrids ou la mise en place de plateformes de marché ouvertes et transfrontalières.

La blockchain dispose également de réponses concernant l'identification des consommateurs précaires, la certification de la production renouvelable ou la traçabilité des opérations d'efficacité énergétique.

#### Un contexte favorable à la blockchain en France

Suite aux récentes avancées pour la reconnaissance de l'autoconsommation collective, et bénéficiant également du déploiement de compteurs évolués d'électricité et gaz, la France représente un terreau propice pour le développement d'expérimentations blockchain. La loi sur la transition énergétique prévoit par ailleurs une individualisation des frais de chauffage, élargissant ainsi le potentiel d'échange énergétique sous blockchain au cas du chauffage. Notons que l'obligation de mise en place du carnet numérique de suivi et d'entretien du logement constitue aussi un périmètre d'expérimentation blockchain pouvant faire levier sur une traçabilité améliorée de la blockchain du registre distribué.

Enfin, dans le cas du transport électrique, la loi prévoit 7 millions de points de charge pour les véhicules électriques d'ici 2030, ce qui fait autant d'opportunités pour des solutions de gestion des transactions basées sur la blockchain.

#### L'autoconsommation collective

L'ordonnance du 27/07/2016, prise en application de la LTE, a créé un cadre légal pour l'autoconsommation collective, en autorisant la fourniture directe d'électricité entre producteurs et consommateurs, mais en la limitant à un réseau privé ou à un unique départ basse tension.

Les GRD devront favoriser ces opérations et restent responsables des opérations de comptage et de l'équilibre global du réseau public.



## La blockchain est un levier pour se conformer aux obligations de la CNIL et de la RGPD (Réglementation Européenne sur la protection des données)

### Des normes à appliquer

L'anonymisation des données utilisateurs par la blockchain permet de répondre à certaines obligations réglementaires françaises (CNIL) et européennes (RGPD). Elle peut également apporter une solution au principe de connaissance du client (KYC, « Know your customer ») imposé aux banques et sociétés d'assurance.

### Mais des contradictions à résoudre

La contradiction parfois pointée entre ces deux exigences réglementaires devra se traduire par une analyse fine du choix des solutions (arbitrage savant entre blockchain privée et hybride ; gestion des droits d'accès des membres de la blockchain et des mineurs, ...).

Enfin, notons que le droit à l'oubli numérique fait également partie des questions à traiter dans le cadre des applications blockchain faisant appel à des données privées.

### Le Règlement général sur la protection des données (RGPD)

Le nouveau « règlement européen sur la protection des données personnelles », adopté en avril 2016, remplace l'ancienne « Directive sur la protection des données personnelles » de 1995. Il en adapte les principes à une économie désormais numérique. Il renforce également la protection des données des individus, tout en uniformisant à l'échelle européenne les contraintes applicables aux entreprises.

Le RGPD crée en particulier une pénalité pouvant atteindre 4% du CA mondial de l'entreprise en cas de manquement avéré. Ne nécessitant pas de transposition en droit national, il entrera en application le 24 mai 2018.

## De nombreuses questions légales subsistent

### Un nouveau modèle énergétique ?

Le *market design* élaboré en Europe depuis l'ouverture des marchés semble bien inadapté face aux poussées massives de désintermédiation introduites par les nouvelles technologies et souvent plébiscitées par les consommateurs.

L'autoconsommation collective entraîne le besoin d'une responsabilité d'équilibre local, tout en complexifiant celle des acteurs traditionnels.

Quels rôles et quelles responsabilités seront accordés par le législateur aux différents acteurs du marché, et en particulier au « consomm'acteur » ?

### Quel statut juridique pour la blockchain ?

Objet par nature supra-territorial, quelle réglementation faut-il attacher à la blockchain (si tant est qu'il en faille une) ?

L'anonymat sous-tendu par la blockchain suscite chez certains la crainte de voir se développer des activités illicites, quand d'autres voient dans cet outil un moyen de combattre la corruption.

La validité juridique des *smart contracts* pose également question. On peut imaginer que dès lors qu'il y a acceptation des règles de fonctionnement entre deux parties, alors il y a valeur de contrat. Toutefois, la question de la modification ou de la résiliation de ce contrat demeure, notamment, en cas de litige.

### Le grand saut

Déjà capable d'« ubériser Uber », la blockchain ubérisera-t-elle les états ? En décentralisant la confiance (ou, pour certains, en « démocratisant la confiance »), la blockchain désacralise les institutions et les états qui en étaient les garants. Et, même si ceux-ci arrivent à encadrer la blockchain, ou si la technologie disparaît par absence de gouvernance, les principes et les espoirs qu'elle a fait naître laisseront des traces.

Etes-vous prêts à franchir le pas ?











# 4

Conclusion et  
**perspectives**  
pour les acteurs de l'énergie





## 4 | Conclusion et Perspectives

### **La blockchain est une technologie prometteuse mais dont la valeur et la pertinence restent à démontrer pour chaque cas d'usage**

Les cas d'usage exposés dans ce document illustrent le potentiel que détient la blockchain, tant pour bousculer les modèles d'affaires existants dans le secteur de l'énergie que pour redistribuer la position des acteurs.

Mais la blockchain n'est pas une solution miracle. Il convient, comme pour chaque technologie, de commencer par effectuer un diagnostic précis des besoins de l'organisation, de ses ressources et de sa culture avant d'évaluer la pertinence de la blockchain dans ce contexte. L'analyse devra également porter sur la faisabilité technique et sur le ROI global de l'opération, incluant un fort volet de conduite du changement interne comme externe. Elle devra enfin ne pas méconnaître le bilan énergétique et carbone du système résultant.

La blockchain de 2020 ne sera sans doute pas celle de 2017, et les acteurs – éditeurs, consortia – auront peut-être été remplacés. Le choix de la plateforme est finalement secondaire par rapport aux choix d'architecture globaux, tels que la mise en place de couches d'abstraction qui permettront d'isoler les processus critiques de l'entreprise des évolutions des plateformes. Dans la même optique, il convient également de savoir sélectionner des partenaires intégrateurs capables de s'engager sur le long-terme dans la maintenance de ces systèmes.

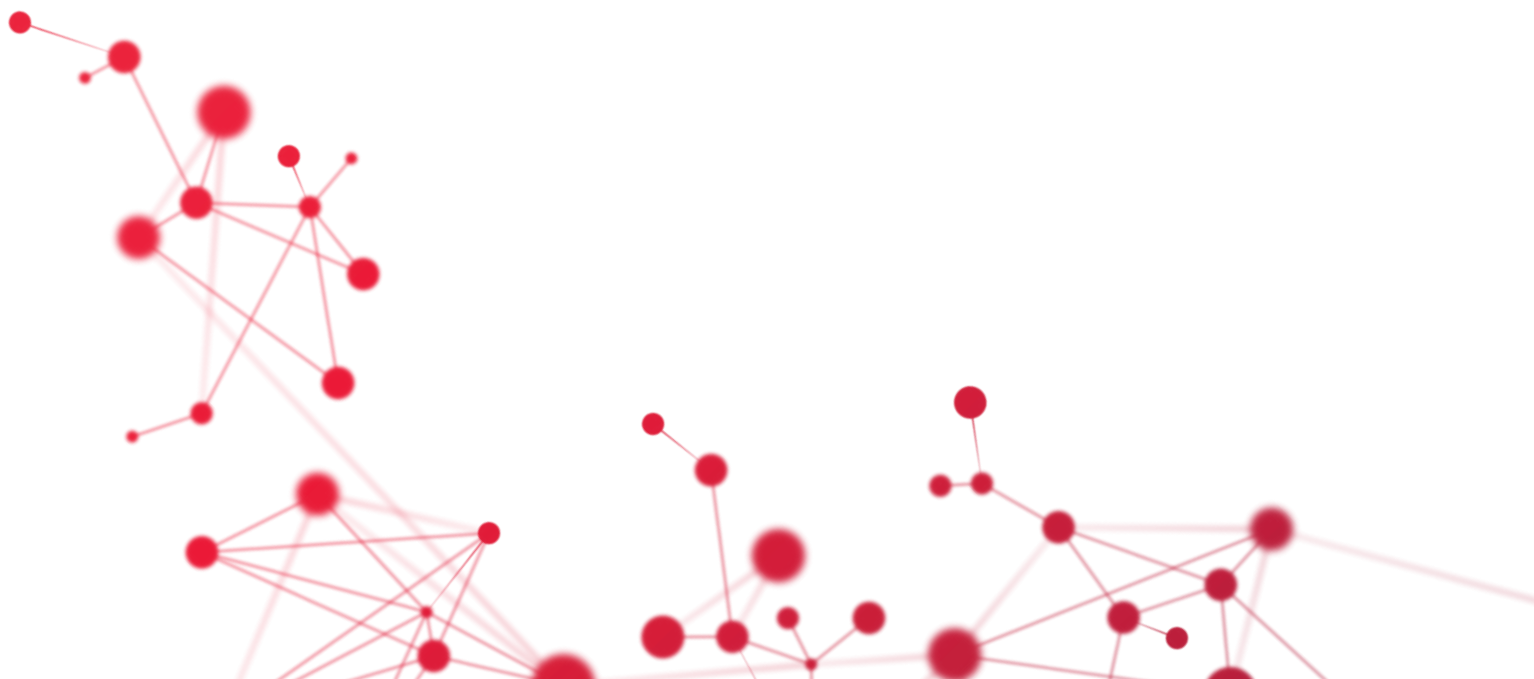
### **Ces précautions ne doivent néanmoins pas être un prétexte à l'immobilisme : le risque lié à la non mise en œuvre de la blockchain est tout aussi important, et mérite également d'être qualifié.**

A ce stade, la blockchain possède toutes les caractéristiques d'une rupture fondamentale, mais son stade de développement ne permet pas encore d'anticiper la suite avec certitude. Néanmoins, l'accélération du rythme de diffusion des nouvelles technologies incite à anticiper leurs impacts, et donc à s'assurer d'un minimum de maîtrise, quitte à devoir y renoncer plus tard.

### **Le cadre réglementaire en France est pour l'instant peu contraint. Il incite à expérimenter la blockchain dès maintenant.**

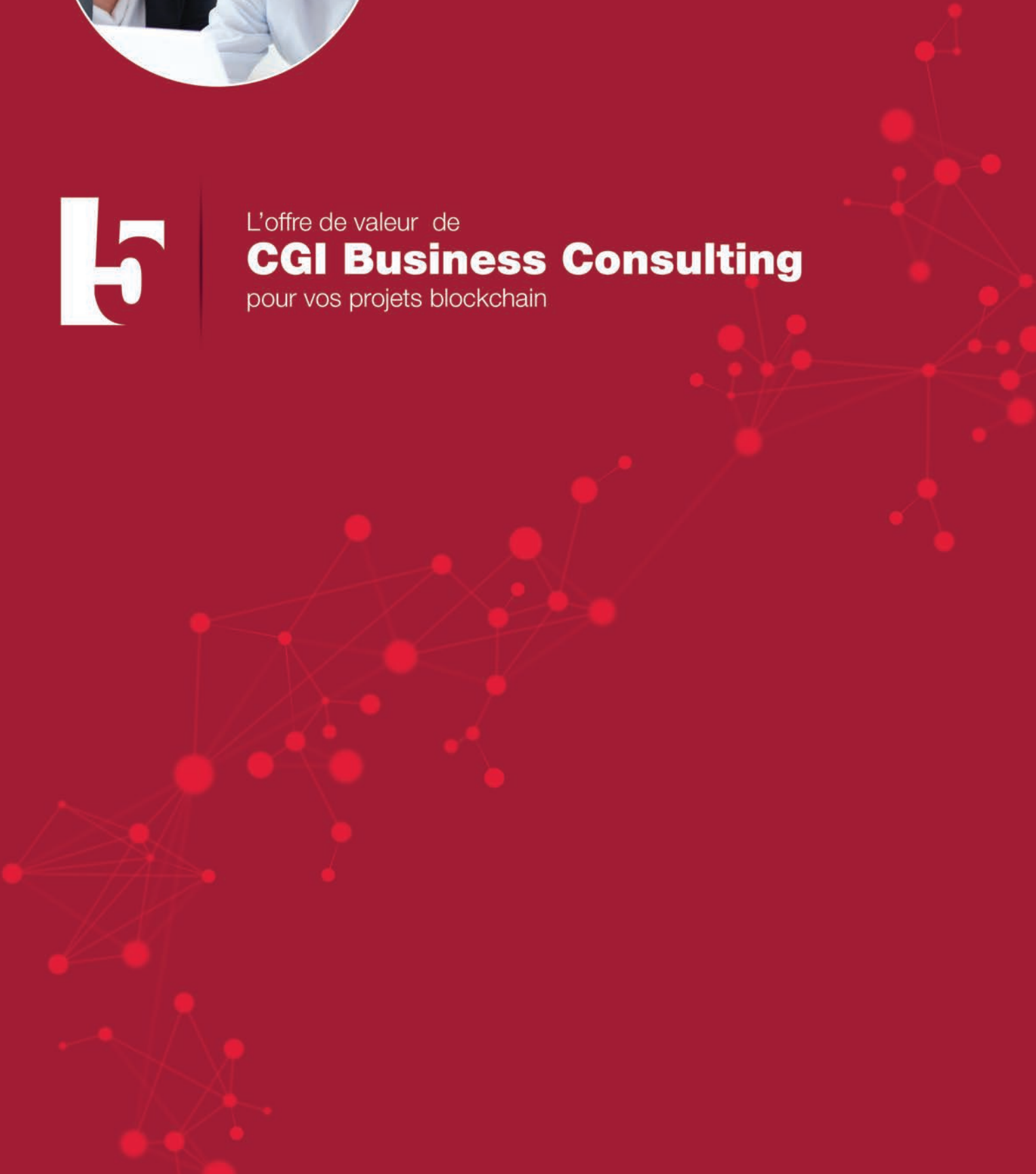
La priorité donnée aux ENR et à l'efficacité énergétique, l'intégration des marchés européens au service du consommateur final, l'encouragement de l'autoconsommation sont autant d'opportunités pour la blockchain ; d'autant que celle-ci s'intègre dans un corpus de nouvelles technologies numériques qui se combinent avantageusement (smart meters, smart grids, IoT, stockage, VE, analytics ...).

En outre, si le développement de la blockchain est celui annoncé, les verrous réglementaires sauront évoluer afin de permettre la prochaine révolution numérique.





L'offre de valeur de  
**CGI Business Consulting**  
pour vos projets blockchain



# 5 | Notre offre de valeur autour de la blockchain

## À propos de CGI

Fondé en 1976, Groupe CGI inc. est la cinquième plus importante entreprise indépendante de services en technologies de l'information et en gestion des processus d'affaires au monde. Grâce à ses quelque 70 000 professionnels, CGI offre un portefeuille complet de services, y compris des services-conseils stratégiques en informatique et en management, des services d'intégration de systèmes, de développement et de maintenance d'applications informatiques, de gestion d'infrastructures technologiques ainsi que 150 solutions et services faisant appel à la propriété intellectuelle à des milliers de clients à l'échelle mondiale à partir de ses bureaux et centres mondiaux de prestation de services dans les Amériques, en Europe et en Asie-Pacifique. CGI génère des revenus annuels de plus de 10 milliards de dollars canadiens et la valeur de son carnet de commandes s'élève à plus de 20 milliards de dollars canadiens. Les actions de CGI sont inscrites à la Bourse de Toronto (GIB.A) ainsi qu'à la Bourse de New York (GIB). Site Web : <https://www.cgi.com/fr>

## À propos de CGI Business Consulting

CGI Business Consulting, cabinet de conseil en innovation et transformation, fait partie du groupe CGI inc. Ses consultants associent expertises sectorielles, fonctionnelles et technologiques pour accompagner les plus grandes entreprises et organisations. Parce que chaque client est unique, CGI Business Consulting a créé des méthodes de travail spécifiques permettant à chacun de prendre part au management de sa transformation et garantissant une amélioration durable de ses performances. CGI Business Consulting vous accompagne dans la réalisation de vos programmes de transformation, de l'amont à l'aval, sur toute la chaîne de valeur de l'énergéticien. Nos experts sont à votre écoute. [www.cgi.fr/conseil](http://www.cgi.fr/conseil)

## Expérimenter, innover, généraliser

L'innovation est dans l'ADN des 750 consultants de CGI Business Consulting en France. L'objectif ? Construire avec nos clients l'entreprise de demain. Les moyens mis en œuvre ? Des Think Tanks communs, un écosystème actif de partenaires (startup, instituts, grandes écoles et universités, réseaux professionnels...) et une cellule de veille structurée pour décrypter les tendances du marché. À la clé : la transformation des enjeux de demain en opportunités d'aujourd'hui.

### Innover

#### Investiguer pour comprendre

- Définition de nouveaux modèles d'affaire
- Identification des cas d'usage
- Analyse d'impact
- Appui au choix des partenaires

### Expérimenter

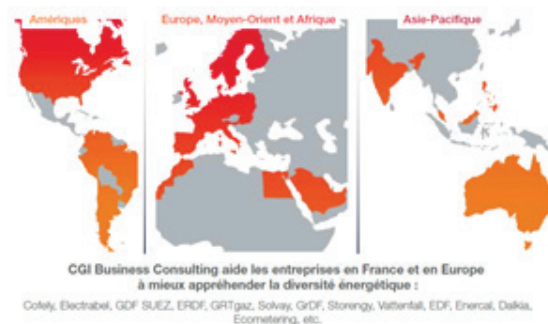
#### Tester pour apprendre

- Conception et mise en œuvre des preuves de concept et de valeur (plan de mise en œuvre, architecture SI, KPI)
- Pilotage et retour d'expérience

### Généraliser

#### Construire pour tirer un bénéfice

- Industrialisation
- Accompagnement au changement
- Pilotage et suivi du déploiement



# CGI Business Consulting, conseil en transformation et en innovation

## Vos contacts

**Cyril Cortina** | Vice Président, Energy & Utilities, Télécoms et Media  
cyril.cortina@cgi.com

**Isabelle Viennois** | Directrice, Energy & Utilities  
isabelle.viennois@cgi.com

**Christophe Jourdin** | Directeur, Energy & Utilities  
christophe.jourdin@cgi.com

**Imane Lallali - Benberim** | Responsable projet, Energy & Utilities  
imane.lallali@cgi.com

**Vivien Fourcade** | Consultant  
vivien.fourcade@cgi.com