

# IRÉC

NOTE DE RECHERCHE

INSTITUT DE RECHERCHE EN ÉCONOMIE CONTEMPORAINE

## **La révolution numérique au service du bien commun : la technologie des chaînes de blocs**

Gilles L. Bourque  
Éric N. Duhaime

**Février 2020**



### Notices biographiques

Chercheur pour l'IRÉC, Gilles L. Bourque détient un doctorat en sociologie économique et une maîtrise en sciences économiques à l'UQAM. Il est l'auteur du livre *Le modèle québécois de développement : de l'émergence au renouvellement*, paru en 2000 aux Presses de l'Université du Québec qui a obtenu le premier Prix pour la meilleure thèse de doctorat de l'IRÉC. Il est coauteur, avec Benoît Lévesque, du livre *Le renouveau de la sociologie économique de langue française*, Paris, Desclée de Brouwer, 2000.

Éric N. Duhaime est chargé de projet à l'IRÉC et chargé de cours à l'UQAM. Détenteur d'un doctorat en sociologie et en philosophie réalisé en cotutelle (UQAM et Université de Strasbourg), il est spécialisé en sociologie économique et s'intéresse au rôle de la science et de la technologie dans le cadre de la dynamique économique contemporaine : propriété intellectuelle, actifs intangibles, grandes corporations, nouvelle économie, etc.

© Institut de recherche en économie contemporaine

ISBN 978-2-924927-50-2 (PDF)

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Québec, 2020

Dépôt légal — Bibliothèque nationale du Canada, 2020

IRÉC, 10555, Avenue de Bois-de-Boulogne, CP 2006, Montréal (Québec) H4N 1L4

## Faits saillants

Dans son application courante, la technologie des chaînes de blocs se présente sous la forme d'un réseau composé d'une communauté d'utilisateurs, par exemple la communauté des utilisateurs du bitcoin. La méthode d'enregistrement et de validation des transactions (le minage) permet de trouver, en employant des techniques cryptographiques, une empreinte électronique unique (le « hash ») pour chaque nouveau bloc créé, qui intègre également le « hash » du bloc précédent. Au final, la chaîne de blocs se présente comme un grand registre public – dont chaque participant détient une copie – constamment mis à jour, qui agit comme un système de confiance sécurisé, infalsifiable, reposant sur une forme de consensus automatisé et décentralisé.

On prétend que les cryptomonnaies fondées sur cette architecture permettent de diminuer les coûts de transaction. Cette prétention n'est pas vraie dans le cas du Bitcoin. Pour cette cryptomonnaie, la méthode de validation par preuve de travail (proof-of-work), qui met en concurrence les mineurs pour enregistrer et vérifier l'authenticité des opérations, est très énergivore. En date du 14 février 2020, la consommation moyenne d'électricité pour une seule transaction de bitcoin s'élevait à 652 kWh et la consommation annuelle du réseau Bitcoin s'élevait à 75 térawattheures (TWh), soit l'équivalent de la consommation d'un pays comme le Venezuela.

Cette évolution a conduit plusieurs spécialistes à douter de l'avenir du Bitcoin. Le commentaire le plus convaincant provient du milieu financier : à l'occasion de la publication du rapport annuel de la Banque des règlements internationaux (BRI), son directeur général, Agustin Carstens, déclarait que le Bitcoin n'était rien de moins que la « combinaison d'une bulle spéculative, d'un système de Ponzi et d'une catastrophe écologique ». Cependant, pour d'autres spécialistes de l'économie numérique, au-delà des cryptomonnaies, la technologie des chaînes de blocs semble pouvoir jouer un rôle clé au cœur de la révolution numérique qui secoue les bases du paradigme économique existant. Pour trois raisons : 1) Les caractéristiques de la technologie, à savoir d'être un registre décentralisé, correspondent aux besoins de l'économie du partage en émergence. 2) Grâce aux innovations de l'intelligence artificielle et des données massives, elle peut servir de support à des contrats intelligents qui ont la capacité de numériser des transferts de valeurs, en évitant les duplications (les doubles dépenses). 3) Enfin, de nouvelles méthodes de validation développées récemment telles que la preuve d'encours et la preuve d'autorité (proof-of-Stake et proof-of-Authority) ont permis de diminuer de façon considérable la consommation énergétique de la technologie.

La technologie des chaînes de blocs s'insère dans le contexte de la révolution numérique, dont les principales innovations sont les plateformes numériques, les mégacentres de données, la science des données (big data) et de l'intelligence artificielle et enfin, les chaînes de blocs qui constituent un dispositif décentralisé, transparent et inviolable, permettant de faciliter les procédures d'identification et de validation de transactions sur les plateformes

numériques. Au Québec, l'encadrement institutionnel et organisationnel qui assure le dynamisme et le développement de l'économie numérique repose sur une stratégie de développement privilégiant une approche partenariale. Cette stratégie a permis le développement d'un écosystème numérique québécois de niveau mondial.

C'est dans un tel contexte, c'est-à-dire avec l'émergence d'une technologie numérique qui répond à des enjeux de transition énergétique d'une part, et l'existence d'un écosystème numérique québécois avec un potentiel important de développement d'autre part, que nous proposons de faire du Québec l'un des pôles mondiaux de plateformes numériques responsables offrant des services centrés sur les chaînes de blocs. Pour se qualifier de responsables, ces plateformes devraient répondre à un certain nombre de critères ou de « valeurs » :

- Des valeurs environnementales, visant à diminuer drastiquement l'empreinte carbone des infrastructures numériques en s'alimentant avec des énergies renouvelables et en offrant des services numériques associés aux enjeux de transition énergétique.
- Des valeurs sociales et de gouvernance, portant des préoccupations relevant du ressort de l'économie d'impact, du respect des droits, en particulier des droits du travail, des réglementations fiscales nationales ainsi que de la protection des données personnelles.
- Des valeurs économiques, c'est-à-dire chercher à répondre efficacement à une demande effective à travers deux axes stratégiques : d'abord en visant un développement équilibré de l'écosystème numérique québécois, ensuite en créant des synergies autour de domaines et de secteurs d'activités stratégiques.

Les conditions à mettre en place pour assurer la réalisation de cette filière de plateformes numériques responsables devraient s'appuyer sur cinq grands axes d'intervention.

1. Créer une expertise publique par le biais d'une cellule stratégique de fonctionnaires qui regrouperait les agents publics associés aux divers volets de la stratégie.
2. Identifier avec les acteurs de l'industrie les secteurs et les domaines d'excellence à privilégier (en particulier dans les services offrant des biens publics) pour avoir le plus d'impacts positifs, ici et ailleurs ;
3. Bonifier la réglementation associée à l'innovation des chaînes de blocs pour soutenir et sécuriser les investissements en capitaux et en compétences ;
4. Continuer d'investir dans la R&D et l'innovation de l'industrie ;
5. Bonifier le soutien technique et financier.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>FAITS SAILLANTS</b> .....	II
<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>BITCOIN ET <i>BLOCKCHAIN</i> : L'UTILISATION INSOUTENABLE D'UNE TECHNOLOGIE PROMETTEUSE</b> .....	2
1.1 L'INNOVATION DU BITCOIN .....	2
<i>Graphique 1. Évolution de l'indice de consommation énergétique du bitcoin (janvier 2017-février 2020)</i> .....	4
<i>Graphique 2. Évolution du cours du bitcoin (2013 à 2020)</i> .....	5
1.2 SÉPARER LE BON GRAIN DE L'IVRAIE .....	5
1.3 LES VULNÉRABILITÉS ET LES LIMITES DE LA CHAÎNE DE BLOCS .....	9
1.4 ENCOURAGER LA TECHNOLOGIE APPLIQUÉE À DES SERVICES QUI RELÈVENT DU BIEN COMMUN . . .	11
<b>QUELS AVANTAGES POUR LE QUÉBEC?</b> .....	15
2.1 L'ÉCOSYSTÈME QUÉBÉCOIS DU NUMÉRIQUE .....	15
2.1.1 <i>L'architecture technologique du numérique</i> .....	15
2.1.2 <i>L'infrastructure de soutien financier et technique</i> .....	16
2.1.3 <i>Portrait du numérique au Québec</i> .....	22
<i>Tableau 1 : Nombre d'entreprises (2011-2018)</i> .....	23
<i>Tableau 2 : Nombre d'emplois (2008-2018)</i> .....	24
<i>Tableau 3 : Rémunération totale par heure travaillée</i> .....	24
2.1.4 <i>Quelques mesures sélectives pour développer le numérique</i> .....	25
2.2 UN ÉCOSYSTÈME NUMÉRIQUE RESPONSABLE CENTRÉ SUR LES CHAÎNES DE BLOCS .....	27
2.2.1 <i>Des plateformes à valeurs ajoutées</i> .....	28
2.2.2 <i>Le potentiel pour la sphère de l'économie sociale et solidaire</i> .....	39
2.2.3 <i>Un enjeu particulier : l'identité numérique</i> .....	42
<i>Encadré 1. Le cas de l'Estonie</i> .....	44
<b>LES CONDITIONS À METTRE EN PLACE POUR UN MODÈLE QUÉBÉCOIS DE PLATEFORME</b> .....	47
3.1 CRÉER UNE EXPERTISE PUBLIQUE .....	47
3.2 IDENTIFIER LES DOMAINES À PRIVILÉGIER .....	48
3.3 RÉGLEMENTATION, FISCALITÉ, DROIT ET ENJEUX DE GOUVERNANCE .....	50
3.4 RECHERCHE, DÉVELOPPEMENT ET INNOVATION .....	54
3.5 SOUTIEN TECHNIQUE ET FINANCIER .....	55
<b>CONCLUSION</b> .....	58

## Introduction

Parmi la grande diversité de technologies numériques qu'on retrouve dans ce qu'il est convenu d'appeler la 4<sup>e</sup> révolution industrielle, celle des chaînes de blocs (*blockchain*) reste encore aujourd'hui assez mal connue. «Mal» connue, dans tous les sens du terme, du fait de l'obscurité fonction qu'elle semble jouer actuellement dans la croissance perturbatrice et spéculative des cryptomonnaies, mais aussi pour ce qui semble être une consommation excessive d'électricité, étant donné le caractère particulièrement discutable de son utilisation dans les cryptomonnaies. Malgré cela, il apparaît par ailleurs que cette nouvelle technologie pourrait jouer un tout autre rôle, beaucoup plus positif cette fois, dans le cadre d'une stratégie de transition énergétique vers une économie à faible émission carbone.

Dans cette note sur la technologie des chaînes de blocs nous chercherons à montrer comment fonctionne cette technologie, du rôle qu'elle pourrait avoir dans la construction d'un nouveau paradigme de développement et pourquoi le Québec pourrait se positionner comme l'un des principaux pôles de plateformes de chaînes de blocs «écologiquement et socialement responsables». En effet, comme nous le verrons plus loin, même si l'intensité énergétique de la technologie des chaînes de blocs pourrait être radicalement réduite pour des usages autres que celui du Bitcoin, elle restera vraisemblablement une technologie intensive en énergie en raison de la multiplication phénoménale des microtransactions que l'économie du partage (les réseaux décentralisés d'énergie, de mobilité partagée, etc.) devrait engendrer. C'est la raison pour laquelle, avec son électricité propre, abondante et bon marché, ainsi que son expertise émergente dans les domaines des centres de données et de l'IA responsable, le Québec devrait pouvoir miser sur l'ensemble de l'écosystème de la révolution numérique pour développer ici cette nouvelle source d'activité et d'emploi que représente la technologie des chaînes de blocs.

La présente note de recherche est menée dans le cadre d'une démarche de réflexion et de propositions de l'IRÉC pour le 75<sup>e</sup> anniversaire d'Hydro-Québec. À partir d'un document synthèse portant sur les nouveaux défis auxquels est confrontée notre société énergétique publique<sup>1</sup>, nous allons procéder à la production d'une série de fiches et de notes pour illustrer les opportunités qui s'offrent au Québec dans les domaines de l'efficacité énergétique et de la construction de nouvelles filières d'activités visant la production de biens et de services à faible intensité carbone. Pourquoi nous faudrait-il vendre notre hydroélectricité à rabais aux États-Unis alors que nous pourrions utiliser nos surplus pour créer ici de la valeur ajoutée «zéro carbone» qui pourrait concurrencer, sur les marchés mondiaux, des produits ou des services équivalents avec des empreintes carbone élevées? Plutôt que de faire des barrages québécois la «batterie du Nord-est américain», nous estimons qu'il faudrait mettre ce facteur exceptionnel de stockage d'énergie au service des solutions québécoises à la transition énergétique globale. Les propositions qui suivent, pour le développement d'un écosystème numérique responsable autour de la technologie des chaînes de blocs, s'insèrent dans cette vision.

1. Pierre Godin, *Hydro-Québec 2020: Les défis du siècle de la transition énergétique*, Note de recherche, IREC. Voir <https://irec.quebec/ressources/publications/Hydro-Quebec-2020-Les-defis-du-siecle-de-la-transition-energetique> IREC\_dec2019.pdf.

## **Bitcoin et *Blockchain* : l'utilisation insoutenable d'une technologie prometteuse**

La technologie des chaînes de blocs apparaît dans la foulée de la création des cryptomonnaies, dont la plus connue est le Bitcoin. À travers celles-ci, elle a été étroitement associée avec l'idéologie libertarienne portée par ses promoteurs initiaux. Cette technologie sert bien, en effet, les partisans d'une défiance envers l'autorité publique, en l'occurrence ceux qui opposent l'idée d'une monnaie décentralisée face aux monnaies fiduciaires soumises aux desseins « d'institutions centralisées jugées non représentatives<sup>2</sup> ». Dans ce chapitre, nous allons souligner les caractéristiques innovatrices de cette technologie et les raisons pour lesquelles, malgré ses origines douteuses, elle peut par ailleurs être mise au service du bien commun et survivre à l'éventuelle disparition du Bitcoin.

### **1.1 L'innovation du Bitcoin**

Au cœur de l'émergence récente des cryptomonnaies, dont le Bitcoin a été le précurseur, on trouve une architecture technologique qui permet aux utilisateurs de partager un registre numérique de transactions décentralisé avec la possibilité de stocker des informations de manière sécuritaire, transparente et immuable, et de les transférer partout, rapidement et sans intermédiaire. C'est là le mantra généralement utilisé pour caractériser l'innovation que représente cette technologie. Si le principe des chaînes de blocs sécurisées par cryptographie a été la première fois formulé par des chercheurs de Bellcore au début des années 1990<sup>3</sup>, la première chaîne de blocs a été conceptualisée en 2008 et mise en application l'année suivante comme composante principale du Bitcoin par une personne (ou un groupe de personnes) connue sous le pseudonyme de « Satoshi Nakamoto ». Il faut toutefois considérer que cette nouvelle architecture numérique que représente la chaîne de blocs n'aurait pas été possible sans le développement phénoménal de plusieurs facteurs facilitant : des réseaux de transmission numérique performants (à large bande passante), de la cryptographie mathématique (qui ont conduit aux algorithmes de chiffrement, d'authentification, de signature numérique) et de la puissance des ordinateurs (puissance de calcul des microprocesseurs et capacité de stockage).

Le fonctionnement de la chaîne de blocs du réseau Bitcoin est le suivant<sup>4</sup> : chaque transaction effectuée par un utilisateur du réseau est regroupée avec d'autres transactions au sein

---

2. Voir Clément Gasull, « Des racines libertariennes à la bienveillance du monde économique : aperçu des idéologies dans le développement des blockchains », dans France stratégie, *Les enjeux des blockchains*, Rapport du groupe de travail présidé par Joëlle Toledano, juin 2018.

3. Voir <https://fr.wikipedia.org/wiki/Blockchain>.

4. Nous avons grandement profité des conseils avisés de Carole Sierpien pour la rédaction de cette section.



d'un bloc de données<sup>5</sup>, qui s'ajoute aux blocs précédant, formant ainsi une chaîne. Puisque le réseau agit comme un grand registre distribué, l'enregistrement des transactions n'est pas fait par une autorité centrale, mais par la communauté des utilisateurs, en l'occurrence par les nœuds du réseau, les « mineurs » qui possèdent des unités de calcul. Le travail consiste pour eux à valider puis à regrouper un ensemble de transactions dans un nouveau bloc, à produire une empreinte électronique unique (le « hash<sup>6</sup> ») pour celui-ci, qui intègre également le « hash » du bloc précédent, puis à résoudre un puzzle algorithmique qui nécessite énormément de puissance de calcul (le protocole de consensus, soit la preuve de travail dans le cas du Bitcoin, sur laquelle nous reviendrons plus loin). Le premier mineur à trouver une solution au puzzle diffuse le nouveau bloc au reste du réseau de mineurs. Ceux-ci acceptent et rajoutent ce bloc à leur copie de la chaîne de blocs seulement après validation, ainsi ce sont les règles de conformité du bloc qui assurent le consensus. La procédure permet d'assurer l'authenticité et la recevabilité des transactions (et donc d'éviter le problème de double dépense) ainsi que la cohérence du bloc par rapport aux transactions déjà enregistrées dans les blocs précédents. Le bloc ne peut plus être modifié, même en cas d'erreur dans une transaction. Au final, on se retrouve avec un grand registre public – dont chaque participant détient une copie – constamment mis à jour qui agit comme un système de confiance sécurisé, infalsifiable, reposant sur une forme de consensus automatisé et décentralisé.

On prétend que les cryptomonnaies fondées sur cette architecture permettent de diminuer les coûts de transaction. Cette prétention n'est pas vraie dans le cas du Bitcoin. Au contraire, le protocole de consensus qui est utilisé pour sécuriser les transactions est intensif en énergie, mais son coût n'est pas assumé par les utilisateurs<sup>7</sup>. Pour le réseau Bitcoin, elle fonctionne selon la méthode de la preuve de travail (proof-of-work, PoW) : les mineurs du réseau sont mis en concurrence et emploient leurs unités de calcul pour enregistrer et vérifier l'authenticité de l'opération et pour trouver la solution à un puzzle. Plus il y a de transactions et de mineurs, et plus les calculs seront considérables. Par exemple, en date du 5 février 2020 (estimation pour le 14 février), la consommation moyenne d'électricité pour une seule transaction de bitcoin s'élevait à 652 kWh selon le site Digiconomist<sup>8</sup>. La consommation annuelle d'électricité du réseau était estimée à cette date à 74,5 térawattheures (TWh), soit l'équivalent de consommation d'un pays comme l'Autriche. On peut imaginer les émissions de carbone générées par cette consommation lorsque l'on sait que plus de la moitié des centres de calculs du réseau sont installés en Chine, dont l'électricité provient encore beaucoup du charbon (l'estimation du site Digiconomist est de 35 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>).

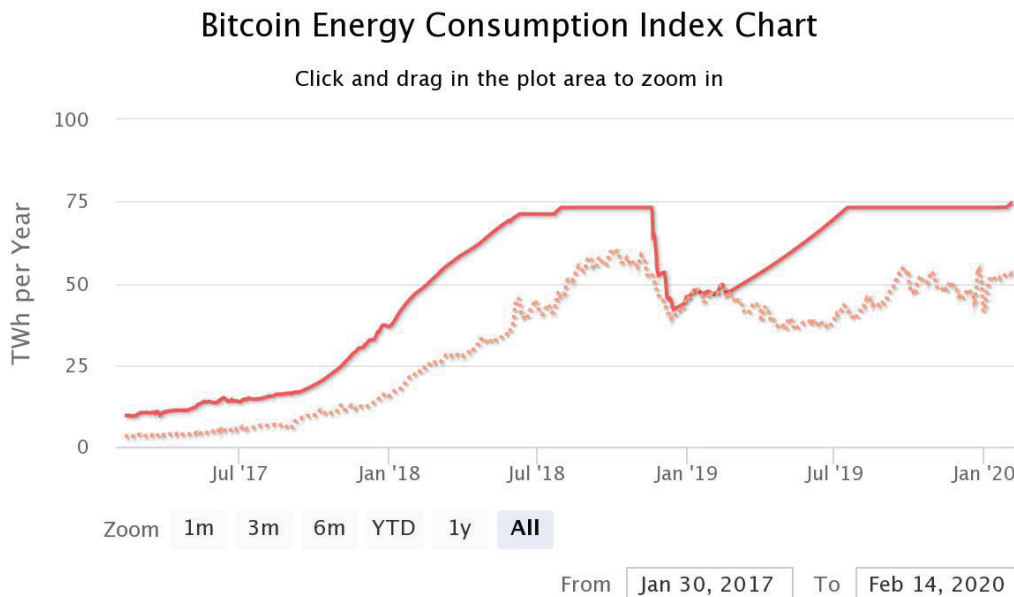
5. Pour le réseau Bitcoin, un bloc contient entre 1000 et 3000 transactions.

6. Le hachage est une méthode par algorithme qui permet de convertir un grand ensemble de données en un plus petit ensemble numérique, l'empreinte ou l'identifiant (hash). L'empreinte obtenue ne dépasse généralement pas 256 bits et permet de vérifier son intégrité. Le hachage cryptographique rend le craquage d'un hash presque impossible. Il faut souligner que la moindre modification d'un bloc modifie l'empreinte de façon totalement imprévisible.

7. À l'exception des frais de transaction payés par l'utilisateur.

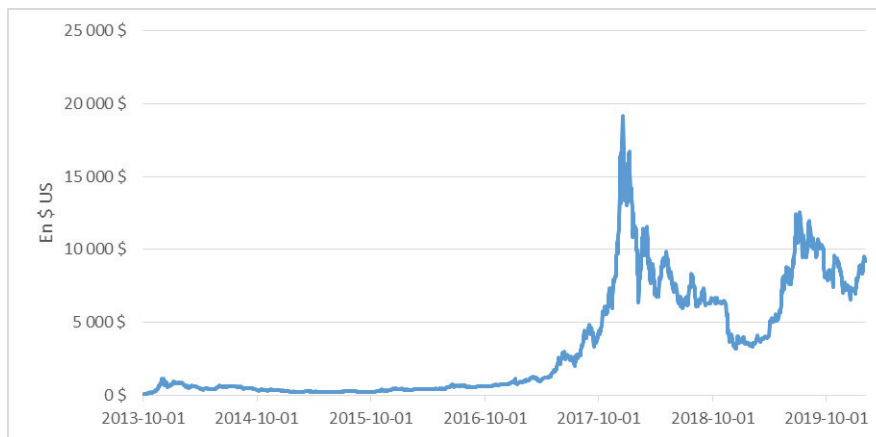
8. Voir <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption> (consulté le 5 février 2020). Dans sa présentation à la Régie de l'énergie, Élisabeth Préfontaine établissait la puissance utilisée par le Bitcoin entre 2 187 et 5 809 MW. Une consommation de 72,7 TWh représente la borne haute de cet intervalle.

## Graphique 1. Évolution de l'indice de consommation énergétique du bitcoin (janvier 2017-février 2020)



Le graphique 1 nous indique l'évolution de l'estimation de la consommation annuelle d'électricité par le réseau Bitcoin. La différence entre la ligne rouge pleine et la ligne pointillée est la suivante: la première est une estimation probable de la consommation globale d'électricité sur la base du nombre connu de mineurs; la seconde est une estimation optimale de la consommation en faisant l'hypothèse plus restrictive que tous les mineurs ont des équipements de calcul les plus efficaces. On constate que plus grimpe la valeur de la monnaie et plus la consommation d'électricité s'élève. À l'inverse, la baisse dramatique du bitcoin en dessous de 5 000 \$ à la fin de 2018 (voir le graphique 2) a fait s'effondrer de près de moitié la consommation d'électricité. Le prix de 5 000 \$ du bitcoin semble donc être celui d'un niveau minimal de la cryptomonnaie.

## Graphique 2. Évolution du cours du bitcoin (2013 à 2020)



Comment peut-on alors affirmer que les coûts de transaction du bitcoin seraient nuls ? C'est parce que son modèle d'affaires s'apparente à une vente pyramidale : ceux qui valident les transactions (les mineurs) ne sont pas payés directement par les usagers, mais par le biais de la création de bitcoins comme paiement pour leurs services, ce qui se veut un mécanisme d'incitation économique pour le travail effectué. Autrement dit, à l'exception des frais de transaction payés par l'utilisateur<sup>9</sup>, le mineur est principalement rémunéré par la spéculation du bitcoin : plus celle-ci est forte et plus le paiement sera élevé. En soi, un tel mécanisme d'incitation est économiquement insoutenable<sup>10</sup>. L'an dernier, à l'occasion de la publication du rapport annuel de la Banque des règlements internationaux (BRI), son directeur général, Agustín Carstens, déclarait que le Bitcoin n'était rien de moins que la « combinaison d'une bulle, d'un système de Ponzi et d'une catastrophe écologique<sup>11</sup> ».

### 1.2 Séparer le bon grain de l'ivraie

Si pour certains spécialistes l'avenir du Bitcoin est loin d'être assuré, il y a plusieurs raisons qui nous amènent à croire que la technologie des chaînes de blocs qui l'a vu naître devrait probablement survivre à son éventuelle disparition. Cette technologie semble au contraire assurée de jouer un rôle non négligeable au cœur de la révolution numérique qui secoue les bases du paradigme économique existant. Trois facteurs principaux confirment cette hypothèse : d'abord, les caractéristiques principales de la technologie des chaînes de blocs (registre

9. En plus des bitcoins reçus, les mineurs qui créent un bloc reçoivent aussi des frais pour la validation des transactions. Ces frais, pour la plupart en bas d'un dollar US (payés en fraction de bitcoin), proviennent du portefeuille de bitcoins des usagers. En janvier 2018 les frais ont cependant augmenté à près de 30 \$ par transaction. Par ailleurs, lorsque les montants payés en bitcoins aux mineurs pour un nouveau bloc seront scindés en deux (ce qui se produit tous les 4 ans), cela mettra une pression supplémentaire pour augmenter les frais de transaction.
10. Dans une note récemment publiée par Navigant Research, intitulée *Utilities and Hardware Suppliers Should Plan for a Future Without Digital Currency Mining*, les auteurs signalent : « The rise and fall of the digital currency mining industry contains lessons for utilities, which must make resource allocation decisions on a longtime horizon, and hardware suppliers and manufacturers, which must recognize that the digital currency market is time-limited and likely unsustainable. »
11. Voir <https://fr.reuters.com/article/businessNews/idFRKBN1JE0FU-OFRBS>.

distribué) correspondent parfaitement aux besoins de l'économie du partage en émergence; par ailleurs, grâce aux innovations de l'intelligence artificielle et des données massives, elle peut servir de support à des contrats intelligents, qui ont la capacité de numériser des transferts de valeurs, en évitant les duplications (les doubles dépenses); enfin, de nouvelles méthodes de validation développées récemment (proof-of-Stake ou proof-of-Authority) ont permis de diminuer de façon considérable la consommation énergétique de la technologie.

Les chaînes de blocs peuvent être publiques ou privées. Les chaînes publiques sont ouvertes à tout utilisateur que ce soit en termes de lecture (libre accès au registre), d'usage (envoi de transactions en pair-à-pair) et de participation au fonctionnement (validation des transactions<sup>12</sup>). Les réseaux Bitcoin et Ethereum sont les plus connues des chaînes publiques. Les chaînes de blocs privées se distinguent par le fait que les droits sont réservés à certains utilisateurs, en particulier le droit de validation des transactions. Contrairement aux premières qui permettent de préserver l'anonymat de leurs utilisateurs, les registres distribués privés fonctionnent avec des utilisateurs connus. Les applications – publiques ou privées – de la technologie des chaînes de blocs comme registre distribué et sécurisé sont d'ores et déjà nombreuses. Elles permettent, généralement, d'assurer une parfaite traçabilité des produits et des actifs puisque le registre est en pratique inviolable: il faudrait en quelque sorte falsifier toutes les copies d'un livre comptable, distribué dans les ordinateurs de tous les utilisateurs, pour le frauder. Citons quelques exemples d'applications privées de la technologie au Canada:

- La chaîne de pharmacies Shoppers (Pharmaprix) fera appel aux chaînes de blocs pour suivre la trace du cannabis médicinal, de la graine jusqu'au produit final, qu'elle fournit aux pharmaciens de son réseau<sup>13</sup>.
- L'Agence des services frontaliers du Canada et le port de Montréal se sont lancés dans l'essai de la technologie pour optimiser le transport de marchandises, partageant et synchronisant les données des transporteurs maritimes, des ports et des grossistes du monde entier<sup>14</sup>.
- CGI et la Banque Nationale du Canada ont mis à l'essai une plateforme de chaîne de blocs qui permet d'offrir un registre partagé qui sert de source unique d'information durant les processus de négociation, d'émission et de réémission des documents, offrant ainsi plus de certitude et de transparence sur le processus de garantie aux parties concernées<sup>15</sup>.

---

12. Cette assertion était vraie au départ, mais l'est de moins en moins aujourd'hui, pour diverses raisons: exigences et capacités de calcul plus élevées, nouvelles méthodes de validation, etc.

13. Voir <https://www.lesaffaires.com/techno/produits-electroniques/shoppers-utilisera-la-chaîne-de-blocs-pour-s-assurer-de-la-qualite-du-cannabis/611028>.

14. Voir <https://www.lapresse.ca/techno/201810/25/01-5201644-lagence-des-services-frontaliers-du-canada-essaie-la-chaîne-de-blocs.php>.

15. Voir <http://www.quotidieneconomique.com/actualite/innovation/7689-6-cgi-et-la-banque-nationale-du-canada-mettent-a-l-essai-une-plateforme-de-chaîne-de-blocs.html>.

- Agri-Traçabilité Québec, en partenariat avec Bœuf Québec (la Société des parcs d'élevage du Québec [SPEQ]) et la compagnie Espilia (devenue Noovelia), ont lancé un projet pilote visant l'utilisation des chaînes de blocs dans la traçabilité de la viande bovine, répondant à des enjeux de sécurité alimentaire, de gestion des risques sanitaires et de mise en valeur du bœuf québécois<sup>16</sup>.

Le registre développé par CGI pour la Banque Nationale permet en outre à la plateforme de servir de support à des contrats intelligents. Ces contrats intelligents sont des programmes logiciels autonomes conçus pour exécuter automatiquement, selon des conditions inscrites en amont dans la chaîne, des paiements ou des transferts d'actifs en évitant le problème des duplications à l'infini (les « doubles dépenses »)<sup>17</sup>.

Prenons un exemple concret pour illustrer l'utilité d'un contrat intelligent fondé sur une chaîne de bloc. Le producteur français indépendant d'énergies renouvelables Sun'R, pionnier du solaire en France depuis 2007, a récemment lancé l'offre Volterres. Ce programme permet d'approvisionner les entreprises et les collectivités avec de l'électricité verte générée sur leur territoire par des centrales éoliennes, solaires, à la biomasse et hydroélectriques provenant de producteurs indépendants. L'application combine la technologie des chaînes de blocs avec des contrats intelligents pour l'achat d'énergie aux producteurs et la vente aux utilisateurs. Grâce à la plateforme de Volterres, associée au réseau Ethereum, les clients ont la possibilité de sélectionner les centrales qui alimenteront préférentiellement chacun de leurs sites, sur la base de critères de distance géographique et de type d'énergie, et l'affectation de l'électricité verte est certifiée en temps réel. Cet exemple montre la capacité de la technologie des chaînes de blocs de numériser des transferts d'actifs ou de valeurs (de l'énergie décentralisée) d'une multitude de producteurs indépendants vers des utilisateurs. On pourrait aussi l'illustrer avec des applications dans le domaine de la mobilité partagée (p. ex. la coopérative Eva au Québec) ou de la recharge des véhicules électriques (p. ex. Energy Web Foundation aux É-U) pour montrer que la technologie des chaînes de blocs répond aujourd'hui aux besoins particuliers de l'économie du partage.

Par ailleurs, c'est justement pour ce type d'applications de la technologie, qui relève davantage du service collectif que de la spéculation monétaire d'une cryptomonnaie telle que le Bitcoin, que de nouvelles méthodes de validation ont permis de diminuer de façon considérable la consommation énergétique de la technologie. Pour un modèle d'affaire de monnaie numérisée spéculative, où la valeur d'un seul bitcoin s'élève à plus de 10 000 \$ CA<sup>18</sup>,

16. Ce projet pilote se retrouve d'ailleurs dans *le Plan d'action 2018-2023 pour la réussite de la Politique bioalimentaire*, à l'objectif 2.2 « Soutenir la gestion des risques et les chaînes de valeur » [https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/agriculture-pecheries-alimentation/politique-bioalimentaire/feuilles-route/PL\\_feuille\\_bovins-ovins\\_MAPAQ.pdf?1580308310](https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/agriculture-pecheries-alimentation/politique-bioalimentaire/feuilles-route/PL_feuille_bovins-ovins_MAPAQ.pdf?1580308310).

17. Internet permet le partage de documents démultipliés, mais ne permet pas d'en conserver leur valeur au sens « rareté » du terme. Avec la technologie des chaînes de blocs, ce que l'on échange ne peut pas être dupliqué à l'infini. Le produit de l'échange conserve donc sa valeur. C'est ce qui rend la technologie intéressante pour les transactions et l'échange de valeurs.

18. En date du 11 février 2020, la valeur du bitcoin était de 13 550,40 \$ CA. Voir <https://forex.quebec/bitcoin-dollar-canadien/>.

la confiance doit s'appuyer sur un processus de certification des transactions fortement sécurisé. En l'occurrence, c'est la complexité du processus pour solutionner les codes cryptographiés des algorithmes de la chaîne (les puzzles), qui exige des puissances de calculs considérables de plusieurs mineurs, qui assure la sécurité des transactions du bitcoin<sup>19</sup>. Mais lorsque les transactions portent plutôt sur des transferts de valeurs de services collectifs, dont les montants sont au demeurant relativement minimes pour chacune des transactions, la validation de chacune d'elles n'exige plus le même niveau de sécurisation. C'est la raison pour laquelle les réseaux de chaîne de blocs qui offrent ce type de services ont développé de nouvelles méthodes de certification.

C'est le cas pour le réseau Ethereum, qui se distingue du Bitcoin par une offre de service de réseaux privés ou publics de registres et d'applications décentralisés (des contrats intelligents appelés DApps) plutôt que sur une offre exclusivement monétaire. En ce sens, l'éther, la cryptomonnaie d'Ethereum, est davantage considéré comme une unité de compte qui permet de faire fonctionner les applications de son offre de service. Afin de diminuer l'intensité énergétique de ses services, Ethereum a décidé de remplacer la méthode de validation de PoW par une méthode de preuve d'encours ou de preuve de participation (Proof-of-Stake, PoS). Au lieu de mettre en compétition une multitude de mineurs pour la création de nouveaux blocs de transactions, la preuve d'encours choisit un validateur au hasard (parmi ceux qui sont qualifiés en termes de participation au réseau, ou ce qui revient au même en termes de contribution à l'encours) pour faire le travail de validation. Cette sélection aléatoire pondérée opérant à chaque nouveau bloc permet d'assurer le caractère distribué de la prise de décision. Ethereum affirme qu'elle pourra diminuer de 99 % son intensité énergétique grâce à cette nouvelle méthode<sup>20</sup>. Mais l'OBNL Energy Web Foundation<sup>21</sup> est allé plus loin en développant une méthode de Proof-of-Authority (PoA) pour son offre de service. Dans ce cas, c'est la réputation des validateurs qui est mise en jeu, plutôt qu'une participation au réseau. De tels réseaux fondés sur le PoA seraient bien adaptés aux industries réglementées où les autorités responsables du réseau doivent être connues, au lieu de rester anonymes comme c'est le cas pour les réseaux Bitcoin et Ethereum. On parle alors de registres distribués privés où seuls des utilisateurs connus, avec permission (l'autorité), peuvent apporter des changements aux registres. Au final, le résultat est la faible empreinte énergétique de la méthode PoA<sup>22</sup>.

---

19. Quoique, selon l'auteur d'une étude récente, la flambée du prix du bitcoin en 2017 (il avait frôlé les 20 000 \$ US), aurait été le résultat d'une manipulation des cours provoquée par un seul détenteur de bitcoins!  
Voir <https://www.lapresse.ca/affaires/economie/201911/04/01-5248232-la-flambée-du-bitcoin-aurait-ete-provoquee-par-un-seul-investisseur.php>.

20. Voir <https://www.developpez.com/actu/239652/L-Ethereum-compte-reduire-sa-consommation-d-energie-de-99-pourcent-en-replacant-le-systeme-de-validation-par-preuve-de-travail-par-preuve-d-enjeu/>.

21. Energy Web Foundation (EWF) est un partenariat entre le Rocky Mountain Institute, une OBNL étasunienne axée sur l'efficacité énergétique et l'intégration du renouvelable, et Grid Singularity, un développeur de technologie de chaînes de blocs spécialisé dans les applications pour le secteur énergétique.

22. Voir <https://rmi.org/beyond-bitcoin-blockchain-adoption-accelerates-need-manage-energy-climate-emerges/>

### 1.3 Les vulnérabilités et les limites de la chaîne de blocs

Malgré ce qui a été dit sur la sécurité de la technologie, les enjeux de vulnérabilité des chaînes de blocs existent. La chaîne de blocs demeure encore aujourd'hui une technologie émergente, qui doit être validée par de multiples expérimentations et tests de la réalité. Certains spécialistes, qui restent confiants dans la capacité du modèle des chaînes de blocs à assurer la sécurité des registres distribués, affirment par contre que les vulnérabilités du modèle apparaissent aux interfaces entre la chaîne numérisée et le « monde extérieur<sup>23</sup> ». On donne souvent comme preuve que les fraudes sur les cryptomonnaies n'ont pas découlé de la falsification de leur registre public décentralisé, mais sont plutôt survenues du vol des « portefeuilles » où sont stockées les cryptomonnaies détenues par les particuliers. C'est par exemple ce qui est arrivé avec trois portefeuilles créés avec le réseau Ethereum pour la société britannique Parity Technologies. Le fraudeur s'est servi d'un défaut dans le portefeuille Ethereum à multiples signatures pour subtiliser 153 000 ethers (près de 30 millions d'euros de l'époque)<sup>24</sup>. Il faut préciser que ces trois portefeuilles servaient à lever des fonds pour des projets d'entreprises.

Quoi qu'il en soit, même pour un réseau aussi important que celui d'Ethereum, les enjeux de vulnérabilités restent présents et exigent des réponses appropriées de la part des divers intervenants, y compris des autorités réglementaires. Comme c'est souvent le cas, l'innovation précède le droit. Nous le voyons d'ailleurs avec les levées de boucliers face au projet de monnaie numérique Libra présenté par Facebook en juin dernier. Mais bien avant cette annonce du géant des médias sociaux, un communiqué du G20 Finance daté de mars 2018 relevait que « les monnaies numériques soulèvent des questions relatives à la protection des consommateurs et des investisseurs, à l'intégrité du marché, à l'évasion fiscale, au blanchiment d'argent et au financement des activités terroristes<sup>25</sup> ». Puisque des projets comme le Libra risquent d'avoir des répercussions sur la souveraineté monétaire et le fonctionnement du système monétaire international, on devrait donc s'attendre à ce que les autorités compétentes agissent beaucoup plus rapidement pour encadrer les applications monétaires de la technologie des chaînes de blocs<sup>26</sup>.

La dimension monétaire n'est pas la seule en jeu. L'absence de cadre réglementaire et de normes internationales destinés à cerner le déploiement des registres distribués représente aussi un obstacle majeur. Primavera de Filippi, universitaire rattachée au CERSA (Centre d'études et de recherche en sciences administratives et politiques), et intervenante active au

---

23. À ce propos, voir <https://blockchain.enterprisecuritymag.com/cxoinsight/blockchain-and-the-energy-sector-nid-1089-cid-56.html>.

24. Voir <https://www.developpez.com/actu/150856/Ethereum-un-pirate-reussit-a-derober-l-equivalent-de-pres-de-30-millions-en-s-appuyant-sur-une-faible-dans-les-contrats-intelligents-de-Parity/>.

25. Extrait traduit. Voir le communiqué original [https://www.international.gc.ca/world-monde/assets/pdfs/com-muniqué - fmcbg\\_march\\_2018.pdf](https://www.international.gc.ca/world-monde/assets/pdfs/com-muniqué - fmcbg_march_2018.pdf).

26. Suite aux nombreuses inquiétudes soulevées par les régulateurs, dont celles du gouverneur de la Banque d'Angleterre Mark Carney, plusieurs membres importants du consortium de gestion de Libra ont reconsidéré leur implication dans ce projet, dont Visa, MasterCard et Paypal.

sein d'initiatives telles que Creative Commons et Open Knowledge Foundation, affirme que si la technologie des chaînes de bloc a le potentiel d'être en rupture avec les processus actuels de concentration de la révolution numérique (Google, Facebook, Uber), en fournissant de nouveaux outils de coordination décentralisée favorables à la collaboration transparente, elle pose en même temps de sérieux enjeux de réglementation<sup>27</sup>. Les grandes plateformes centralisées, nous dit la chercheuse, sont plus vulnérables aux attaques puisqu'il suffit de pénétrer leurs défenses pour avoir un impact massif, là où antérieurement il aurait fallu « hacker » (pirater) une multitude de nœuds du réseau. Par contre, la centralisation est plus facile à réguler, car il suffit aux gouvernements de réguler des intermédiaires centralisés. Mais en même temps, c'est l'absence initiale d'une régulation efficace qui aurait eu comme résultat de favoriser les dynamiques de concentration.

Les enjeux, on le voit, sont complexes! « Comment créer un système décentralisé, mais avec une coordination demeurant décentralisée? Comment implémenter un consensus où, par exemple, tout le monde doit être d'accord pour invalider une transaction? Sachant que l'on n'a pas trouvé de réponse adéquate de réglementation pour Internet, il sera difficile d'en trouver une pour la [technologie des chaînes de bloc]. Comment encadrer les risques de voir cette technologie utilisée contre l'intérêt général? Comment être certain que la [technologie] respecte toutes les questions de vie privée et de confidentialité<sup>28</sup>? » Il y a beaucoup d'enjeux à résoudre, allant de l'intérêt individuel à l'intérêt général, mais le premier défi passe par une réflexion sur la gouvernance des réseaux, soutient Primavera de Filippi. L'autre défi immédiat sera d'incorporer des mécanismes juridiques aux diverses catégories d'applications de la technologie, afin de pouvoir les gérer. Pour les applications financières, comme nous l'avons dit précédemment, on peut s'attendre à ce que les autorités monétaires nationales et internationales agissent de concert pour imposer prochainement un nouveau cadre réglementaire. Pour les autres applications de registres distribués, les expérimentations en cours dans le domaine public, menées dans plusieurs pays (que nous abordons plus loin), vont permettre d'identifier les limites et de corriger les vulnérabilités de la technologie. Finalement, c'est pour les applications de contrat intelligent que le défi s'annonce de taille.

Lorsque des « contrats intelligents » ne font que transformer des contrats commerciaux ou juridiques existants en programmes informatiques, il n'y a pas de problème. En effet, lorsqu'un contrat juridique existe, le contrat intelligent qui lui est associé ne sera finalement qu'une application technique de ce contrat. C'est probablement le cas dans certaines chaînes de blocs privées réservées à des utilisateurs connus. Mais l'aspect intéressant de la technologie des chaînes de blocs est qu'il est possible d'y implémenter des conditions qui s'appliquent automatiquement à tous les utilisateurs anonymes. Dans ce cas, les conditions sont limitées par le cadre technique, qu'il ne faut pas confondre avec le cadre juridique. Ces contrats n'ont pas en eux-mêmes

---

27. Voir <https://open-organization.com/fr/2018/04/02/francais-des-outils-pour-penser-la-blockchain-primavera-de-filippi/>.

28. Voir <https://www.france24.com/fr/20180701-rester-decentralisee-blockchain-a-besoin-dune-gouvernance-previent-chercheuse-primavera-filippi>.



d'autorité juridique<sup>29</sup>. Heureusement, la multiplication des expérimentations d'intégration de contrats intelligents dans les chaînes de blocs dans divers domaines, de l'assurance au transfert de titres fonciers ou de vente aux enchères, trace la voie à une jurisprudence<sup>30</sup>.

Reste, d'un point de vue juridique, les enjeux de gouvernance et de responsabilité. Pour la gouvernance, le problème réside dans le fait que dans les chaînes de blocs, la relation de personne à personne est remplacée par une interface de machine à machine, avec ce que cela implique pour l'imputabilité du résultat. Pour l'enjeu de responsabilité, il réside dans le fait qu'il n'y a plus vraiment d'opérateur puisque le logiciel fonctionne par consensus. D'où les nombreuses difficultés d'un cadre juridique contractuel. Nous reviendrons sur cet enjeu dans le chapitre 3.

#### **1.4 Encourager la technologie appliquée à des services qui relèvent du bien commun**

Pour bien saisir l'importance de la technologie des chaînes de blocs dans le contexte d'une révolution numérique qui, malheureusement, tend à renforcer et reproduire les structures sociales et économiques les plus inégalitaires, on doit revenir brièvement sur les réflexions de Primavera de Filippi. Dès que le potentiel commercial de l'Internet a commencé à être identifié, nous dit la chercheuse au CERSA, son architecture a évolué vers une concentration accrue. Aujourd'hui, une poignée d'entreprises géantes contrôlent Internet. Or, au-delà des applications financières, tient-elle à préciser, la technologie des chaînes de blocs aurait le potentiel d'être en rupture avec les processus « d'ubérisation » de la révolution numérique, dans la mesure où l'on parvient à se prémunir contre la tendance à ce que les intermédiaires de l'écosystème de la chaîne de blocs deviennent des monopoles<sup>31</sup>. L'évolution en cours de la technologie reste pour l'instant prometteuse : à la fin de 2017, il fallait une trentaine de cryptomonnaies pour atteindre 95 % de la capitalisation totale, alors que Bitcoin perdait un peu de sa prééminence au profit d'Ethereum (2<sup>e</sup> réseau en importance)<sup>32</sup>. Aujourd'hui la concurrence continue à être forte entre les plateformes alors que de nouveaux systèmes apparaissent, servant de bancs d'essai à des techniques nouvelles qui pourront être incorporées aux réseaux actuels grâce aux pratiques de logiciel libre qui caractérisent cette technologie.

En ce sens, les expérimentations actuelles semblent plutôt encourageantes. Selon une recherche issue de la Bibliothèque du Parlement, plus de 600 systèmes à registres distribués publics et privés auraient été mis au point dans le monde depuis l'apparition de la

---

29. Voir <https://equationdelaconfiance.fr/rencontre/primavera-de-filippi-il-faut-davantage-enseigner-la-technologie-aux-juristes>.

30. Voir <https://www.cyberjustice.ca/en/publications/revue-de-litterature-mise-en-place-des-contrats-intelligents-bases-sur-un-registre-distribue-de-type-chaîne-de-blocs-blockchains/>.

31. Voir <https://www.france24.com/fr/20180701-rester-decentralisee-blockchain-a-besoin-dune-gouvernance-previent-chercheuse-primavera-filippi>.

32. Voir <https://www.contrepoints.org/2017/12/31/306324-1300-cryptomonnaies-combien-dautres>.

technologie en 2009<sup>33</sup> et plus de 45 pays examinent d'ores et déjà la technologie afin de déterminer si elle pourrait permettre d'améliorer les services gouvernementaux, en particulier lorsque ceux-ci impliquent des registres, le suivi de biens et l'automatisation des opérations. Bien au-delà des applications financières qui relèvent de l'économie marchande, voire de la spéculation pure et simple, ce sont d'abord et avant tout les applications à finalité sociale, visant à rendre des services de façon collective, qui nous interpellent. Ces services peuvent être de type non monétaire (p. ex. gouvernementaux – relations de l'État avec les citoyens – ou associatifs) ou relever de services collectifs (mutuelles, économie du partage) à l'intérieur desquels l'unité de compte – le jeton – a essentiellement pour vocation de servir aux échanges de services fournis par le réseau. Concernant les services gouvernementaux, voici ce que disait un rapport du gouvernement britannique en janvier 2016 :

Distributed ledger technologies have the potential to help governments to collect taxes, deliver benefits, issue passports, record land registries, assure the supply chain of goods and generally ensure the integrity of government records and services. [...] For the consumer of all of these services, the technology offers the potential, according to the circumstances, for individual consumers to control access to personal records and to know who has accessed them. [...] Distributed ledger technology provides the framework for government to reduce fraud, corruption, error and the cost of paper-intensive processes. It has the potential to redefine the relationship between government and the citizen in terms of data sharing, transparency and trust<sup>34</sup>.

Dans la sphère du privé, les secteurs économiques qui sont traversés par les enjeux émergents de la transition énergétique sont particulièrement susceptibles de profiter de la technologie des registres distribués. En effet, l'intérêt d'intégrer des contrats intelligents sur les chaînes de blocs réside avant tout dans la fonction d'authentification que peut assumer la chaîne en substituant un contrôle communautaire aux traditionnels tiers de confiance ou aux ancrages institutionnels<sup>35</sup>. Par exemple, les usages croissants des énergies renouvelables intermittentes et la multiplication des réseaux énergétiques décentralisés contrôlés par les communautés locales ont trouvé avec les chaînes de blocs la technologie qui répondait à leurs besoins de transactions décentralisées<sup>36</sup>. Bien que moins présente dans le secteur de la mobilité, la technologie trouve dans ce domaine les mêmes facteurs qui la rendront indispensable pour accélérer les initiatives d'économie du partage. Pour illustrer ce fait, on peut citer la jeune coopérative québécoise Eva (covoiturage commercial) qui fait reposer son

33. Voir <https://notesdelacolline.ca/2018/09/18/enjeux-et-preoccupations-lies-aux-monnaies-numeriques/>. Le site cryptoencyclopédie identifie et présente quant à lui une liste de 1 500 cryptomonnaies actuellement en service. Cependant, il semble ajouter dans cette liste tous les registres distribués qui utilisent les services du réseau Ethereum (qui en compterait plus de 1 000), ce qui a pour effet d'amplifier artificiellement sa liste. Voir <https://www.cryptoencyclopedia.com/crypto-monnaies>.

34. Voir <https://www.gov.uk/government/publications/distributed-ledgertechnology-blackett-review>.

35. Voir <https://www.cyberjustice.ca/en/publications/revue-de-litterature-mise-en-place-des-contrats-intelligents-bases-sur-un-registre-distribue-de-type-chaîne-de-blocs-blockchains/>.

36. Voir <https://cleantechnica.com/2018/12/09/cleantech-blockchain-initiatives-blockchain-report-excerpt/> ainsi que <https://www.cleantech.com/blockchain-in-energy-mobility-a-report-from-the-scale-up-frontlines/>.

modèle d'affaires sur une application de la chaîne de blocs. Ce choix technique est aussi un choix éthique dans la mesure où le protocole qu'elle utilise permet l'échange d'information seulement entre le conducteur et le passager, protégeant la confidentialité des informations auxquelles Eva elle-même – l'entité globale qui développe la technologie – n'a aucun accès<sup>37</sup>.

Globalement, la technologie des chaînes de blocs est bien adaptée pour soutenir le développement de l'économie d'impact, c'est-à-dire une économie dont les acteurs cherchent à tenir compte de l'impact positif de leurs activités, en plus des rendements financiers<sup>38</sup>. C'est d'ailleurs à ce type de transactions que l'Impak Coin, première cryptomonnaie d'origine québécoise, sera exclusivement dédiée : elle permet aux utilisateurs (consommateurs ou entreprises) d'effectuer des achats auprès d'entreprises locales participantes qui apportent une solution aux enjeux sociaux et environnementaux. « Contrairement au système financier traditionnel en ligne, ces techniques favorisent les micropaiements pour des achats inférieurs à 5 \$. C'est un avantage énorme pour ceux qui vendent des produits à petits prix<sup>39</sup>. »

Nécessairement, étant donné les vulnérabilités et les limites de la technologie dont nous avons parlé précédemment, il est urgent de développer un cadre de référence pour encadrer ces initiatives. Nous estimons que c'est du côté de la Commission européenne qu'il faut s'inspirer pour aller de l'avant. Réduit à un état de dépendance face aux plateformes numériques centralisées d'outre-Atlantique, l'Europe semble avoir compris le rôle potentiellement libérateur que pourrait jouer la technologie des chaînes de blocs face aux entreprises géantes du Web. Avec le soutien unanime du Parlement européen, la Commission a lancé l'Observatoire-forum des chaînes de blocs de l'UE afin de mettre en lumière les grandes évolutions de la technologie, pour encourager les acteurs européens dans ce secteur et permettre de renforcer l'engagement communautaire auprès de plusieurs parties prenantes actives dans son écosystème<sup>40</sup>. D'ici la fin de 2020, la Commission financera à hauteur de 340 millions d'euros des projets qui pourraient s'appuyer sur les technologies des chaînes de blocs pour tirer parti des initiatives existantes, veiller à ce qu'elles puissent fonctionner par-delà les frontières des États membres, consolider l'expertise européenne et répondre aux défis que représentent les nouveaux paradigmes engendrés par les chaînes de blocs (désintermédiation, confiance, sécurité et traçabilité dès la conception).

Parmi les initiatives qui sont issues de cette volonté de la communauté européenne, on peut souligner la création en avril 2018 de l'European Blockchain Partnership qui associe

---

37. En novembre 2019, Eva regroupait 18 000 membres, dont 1000 membres conducteurs. Eva (<https://eva.coop/>) fait partie de la communauté EOSIO (voir <https://eosnation.io/fr/>). Lancé en juin 2018, le logiciel Eos représente la 3<sup>e</sup> génération de chaînes de blocs. Il se spécialise dans le déploiement d'applications décentralisées via l'utilisation de contrats intelligents en résolvant plusieurs problèmes des générations précédentes. Grâce au protocole de preuve d'encours (PoS) et sa capacité de s'exécuter sur de nombreux cœurs d'ordinateurs, il pourra à terme réaliser jusqu'à 500 000 transactions par seconde (voir <https://fr.wikipedia.org/wiki/EOS.IO>).

38. Stanford Graduate School for Business, *Blockchain for Social Impact 2019*, Center for Social Innovation, 37 pages.

39. Voir <https://mpk.impak.eco/fr/#solution>.

40. Voir [http://europa.eu/rapid/press-release\\_IP-18-521\\_fr.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_IP-18-521_fr.htm).

au niveau politique tous les États membres de l'UE et certains membres de l'Espace économique européen (Norvège et Liechtenstein). Cette initiative conjointe des autorités publiques des pays participants doit, entre autres, mettre en place une infrastructure européenne de services de chaînes de blocs (EBSI) qui soutiendra la fourniture de services publics numériques transfrontaliers, répondant aux normes de sécurité et de confidentialité les plus strictes<sup>41</sup>. Il va sans dire que cette volonté européenne de miser sur cette technologie pour sortir du cercle vicieux de la dynamique oligopolistique des grandes plateformes numériques étasuniennes devrait être porteur de leçon pour une stratégie numérique québécoise. Dans le prochain chapitre, nous verrons non seulement que le Québec possède des avantages indéniables pour aller dans le même sens, mais qu'il pourrait, en adoptant une approche systémique de plateformes numériques responsables, en tirer des avantages encore plus considérables.

---

41. Voir <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/blockchain-technologies>.

## CHAPITRE 2

---

### Quels avantages pour le Québec?

Nous ne sommes pas les seuls à voir dans la technologie des chaînes de blocs tout le potentiel que le Québec pourrait en tirer. Parmi le plus récent des appels à l'action en sa faveur, il faut mentionner le « Livre blanc » lancé en novembre dernier par l'Institut de gouvernance numérique (IGN), qui dresse un portrait exhaustif des impacts, des enjeux et du potentiel de la technologie pour le Québec<sup>42</sup>. Dans ce chapitre nous présenterons dans un premier temps les avantages que nous possédons en termes d'écosystème numérique pour le développement des activités associées à l'architecture technologique des chaînes de blocs. Dans un deuxième temps, en nous appuyant sur les réflexions présentées dans le chapitre précédent, nous allons préciser les éléments qui, à notre avis, pourraient être d'un apport tout à fait crucial pour développer un pôle québécois de plateformes numériques responsables centrées sur les services de registres distribués, et du rôle que ces plateformes pourraient avoir dans la construction d'un nouveau paradigme de développement.

#### 2.1 L'écosystème québécois du numérique

Les chaînes de blocs ne constituent que l'une des plus récentes composantes de la vaste architecture technologique sous-jacente à la révolution numérique. Le potentiel que revêt la technologie des registres distribués se réduirait en définitive à peu de choses si ce n'était de l'ensemble des autres technologies numériques auxquelles elle se rattache, qui sont développées en parallèle et de manière concomitante. Heureusement, le Québec possède plusieurs avantages qui ont permis le développement d'un écosystème numérique de niveau mondial. En plus d'un bassin important de travailleurs dans les domaines de l'économie numérique (équipements et services dans les TIC, centres de données, intelligence artificielle), nous profitons d'une infrastructure critique d'institutions intermédiaires et de soutien à l'industrie (institutions d'enseignement, de recherche, organisme de soutien et de représentation, capital de risque, etc.) et plusieurs programmes gouvernementaux dédiés.

##### *2.1.1 L'architecture technologique du numérique*

Dans le cadre de la chaîne de valeur de l'économie numérique, l'architecture technologique à laquelle se rattachent les chaînes de blocs renvoie plus spécifiquement aux technologies et activités qui s'organisent autour de l'extraction et de l'exploitation des données, conçues par

---

42. IGN, *Registres distribués, l'évolution de la chaîne de blocs : impacts, enjeux et potentiels pour le Québec*, novembre 2019.

plusieurs comme la matière première du 21<sup>e</sup> siècle<sup>43</sup>, et autour de laquelle s'organise la révolution du numérique. Quatre innovations complémentaires nous semblent ici déterminantes :

1. Les plateformes numériques : elles constituent des interfaces permettant non seulement de faciliter la mise en relation d'offres et d'utilisateurs de biens et de services (Amazon, Airbnb, Uber, etc.), mais aussi d'extraire et d'accumuler des quantités massives de données stratégiques sur les préférences, les habitudes, les déplacements des usagers, etc.
2. Ces informations sont ensuite accumulées dans des mégacentres de données qui, de plus en plus, ne se contentent pas d'entreposer ces mégadonnées (big data) de manière passive, mais disposent également de capacités de calculs et de logiciels permettant l'analyse de ces données.
3. Ces données peuvent alors faire l'objet de traitement en continu – nettoyage, standardisation et analyse – par l'entremise des logiciels et des méthodes développées par l'intelligence artificielle et la science des données, dans le but de les analyser pour les exploiter et les valoriser.
4. Enfin, les chaînes de blocs constituent un dispositif décentralisé, transparent et pratiquement inviolable, permettant de faciliter les procédures d'authentification et de validation de transactions, notamment en ce qui concerne l'utilisation des plateformes numériques, tout en assurant une protection maximale des données.

L'ensemble de ces innovations technologiques sont ainsi étroitement reliées, voire interdépendantes les unes des autres, si bien qu'il serait difficile d'isoler les chaînes de blocs du reste du développement de l'économie numérique. Afin de rendre compte de l'écosystème au sein duquel elles se développent et évoluent, nous porterons donc notre regard sur les modalités d'encadrement institutionnel et organisationnel des technologies de l'information et de la communication en général, tout en nous référant le plus possible à des exemples renvoyant aux chaînes de blocs.

### *2.1.2 L'infrastructure de soutien financier et technique*

L'encadrement institutionnel et organisationnel qui assure le dynamisme et le développement de l'économie numérique repose sur une stratégie de développement économique qui fut élaborée dès la seconde moitié des années 1990 et mise en place au cours des années 2000. Ce modèle de développement économique considère l'innovation technologique comme élément névralgique de la croissance des entreprises du Québec dans le contexte de l'Amérique du Nord et cherche à développer celle-ci en privilégiant une approche partenariale :

---

43. Voir par exemple le Comité d'orientation de la grappe en intelligence artificielle, *Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*, mandaté par le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, 2018, p. 19.

l'innovation technologique est financée, d'un côté, par l'octroi de subventions à des centres de recherche publics et, de l'autre, par l'offre de crédits d'impôt accordés aux entreprises qui s'engagent dans des projets de recherche et développement (R&D) en partenariats avec ces derniers.

De façon générale, trois modalités de financement sont principalement offertes aux entreprises afin d'encourager la R&D pour le développement de nouvelles technologies, notamment en ce qui concerne les technologies numériques: les crédits d'impôt pour la R&D, le financement de centres de recherche publics ainsi que le capital de risque et de développement pour l'étape de la commercialisation. Cette offre de financement se révèle très généreuse et avantageuse pour les entreprises qui œuvrent dans le domaine des TIC au Québec. Dans cette section, nous verrons d'abord les modalités de financement public, puis nous poursuivrons avec le financement privé (capital de risque). Nous terminerons cette section en présentant le tissu d'organismes d'intermédiation qui complète cette infrastructure de soutien.

### **Les crédits d'impôt pour la R&D**

Le taux d'imposition des sociétés au Québec se situe à 15 % au niveau fédéral et à 11,6 % au niveau provincial, pour un taux combiné de 26,6 %, soit légèrement au-dessus de la moyenne des pays de l'OCDE qui se situe à 23,7 %<sup>44</sup>. Mais les deux paliers de gouvernement offrent de généreux crédits d'impôt pour la R&D dans le but d'encourager le développement de nouvelles technologies. Les premières mesures d'aide fiscale à la R&D au Canada remontent aux années 1940, et les programmes et les taux n'ont depuis cessé de changer au gré des stratégies mises en place par les différents gouvernements<sup>45</sup>. Au niveau fédéral, cette aide fiscale est non remboursable et s'élève à l'heure actuelle à 35 % pour les PME et 15 % pour les grandes entreprises. Au niveau provincial, cette aide fiscale est remboursable et se déploie sous quatre crédits d'impôt distincts qui s'élèvent à 30 % pour les PME et 14 % pour les grandes entreprises:

1. Le crédit d'impôt relatif aux salaires des chercheurs;
2. Le crédit d'impôt pour un contrat de recherche conclu avec une université, un centre de recherche public admissible ou un consortium de recherche;
3. Le crédit d'impôt pour la recherche précompétitive réalisée en partenariat privé;
4. Le crédit d'impôt pour les droits et cotisations versées à un consortium de recherche.

---

44. Site Internet de KPMG : <https://home.kpmg/content/dam/kpmg/ca/pdf/2018/07/taux-d-imposition-pratique-en-vigueur-revenu-gagne-par-une-spcc.pdf>; site Internet de l'OCDE : [https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=CTS\\_CIT#](https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=CTS_CIT#)

45. Site Internet de l'Agence de revenu du Canada :

<https://www.canada.ca/fr/agence-revenu/services/recherche-scientifique-developpement-experimental-programme-encouragements-fiscaux/evolution-programme-perspective-historique.html>

Au Québec, tous secteurs confondus, 5 078 entreprises ont bénéficié au total de 431,4 M\$ en crédits d'impôt pour la R&D en 2015<sup>46</sup>. Le niveau total des dépenses en R&D par les entreprises commerciales s'est élevé à 5,1 G\$ au Québec en 2015, contre 8 G\$ pour l'Ontario et un total de 18 G\$ pour le Canada<sup>47</sup>. Sur les 5,1 G\$ investis au Québec, 1,2 G\$ furent consacrés au secteur des TIC<sup>48</sup>. Par ailleurs, les entreprises qui œuvrent dans le secteur des TIC ont également accès à des crédits d'impôt qui leur sont spécifiques :

1. Le crédit d'impôt pour le développement des affaires électroniques à hauteur de 24 % (maximum de 83 333 \$ par employé annuellement) ;
2. Le crédit d'impôt relatif à la production de titres multimédias s'élevant de 26,25 à 37,5 % par année ;
3. Le crédit d'impôt relatif aux grands projets de transformation numérique à hauteur de 24 % (maximum de 20 000 \$ par employé annuellement)<sup>49</sup>.

En 2019, 170 entreprises se sont ainsi prévaluées du crédit d'impôt relatif à la production de titres multimédias pour un montant total de 231 M\$, alors que 588 entreprises se sont prévaluées du crédit d'impôt pour le développement des affaires électroniques, pour un montant total de 463 M\$. La valeur combinée de ces deux crédits a donc atteint 694 M\$, ce qui correspond à une augmentation de 40 % sur les cinq dernières années<sup>50</sup>.

### Les centres de recherche publics

Depuis le milieu du 20<sup>e</sup> siècle, les organismes subventionnaires publics comme les trois Fonds de recherche du Québec – FRQNT, FRQSC, FRQS – ou les trois Conseils du Canada – CRSNG, CRSH, IRSC – constituent des instances névralgiques du financement stratégique de la recherche scientifique et technologique au Québec et au Canada<sup>51</sup>. Ajoutées à celles des différents ministères, les ressources consenties par ces organismes permettent le financement de centres de recherches public au niveau universitaire – laboratoires, chaires de recherche et centres d'excellence –, de même qu'au niveau collégial avec les centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT)<sup>52</sup>.

---

46. Données compilées par l'Institut de la statistique du Québec à partir des informations fournies par Revenu Québec, en ligne à : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/science-technologie-innovation/recherche-developpement/secteur-entreprises/index.html>.

47. ISQ, Dépenses intra-muros de R-D du secteur des entreprises (DIRDE), Québec, autres provinces, territoires et Canada, en ligne : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/science-technologie-innovation/recherche-developpement/secteur-entreprises/dirde.htm#mesr=M%24>

48. Statistique Canada, Tableau CANSIM 27-10-0341-01.

49. TECHNOCCompétence, *Diagnostic sectoriel de la main-d'œuvre dans le secteur des technologies de l'information et des communications (TIC) au Québec*, 2018, p. 21.

50. Sylvain Larocque, « Économie numérique : près de 700 M\$ en crédits d'impôt », *Journal de Montréal*, 7 octobre 2019.

51. Benoît Godin, Michel Trépanier et Mathieu Albert, « Des organismes sous tension : les conseils subventionnaires et la politique scientifique », *Sociologie et sociétés*, vol. 32, no. 1 p. 17-42.

52. Eric N. Duhaime, *Portrait et retombées de la recherche au niveau collégial*, Rapport de recherche de l'IREC, novembre 2019.



Tous secteurs confondus, le financement de la recherche dans l'enseignement supérieur au Québec s'élevait à 3,4 G\$ en 2015, contre 5,2 G\$ pour l'Ontario et un total de 13,2 G\$ pour le Canada<sup>53</sup>. Le financement des centres de recherche publics par le biais des organismes subventionnaires se combine ainsi aux crédits d'impôt offerts aux entreprises qui réalisent avec ceux-ci des projets en collaboration, et cela dans le but de favoriser la création de partenariats pour le développement de nouvelles technologies.

D'après le ministère de l'Économie et de l'Innovation, le Québec compte au moins 25 centres de recherche publics qui se rattachent aux TIC<sup>54</sup>. De plus, la province s'est démarquée au cours des dernières années dans le domaine de l'intelligence artificielle avec la mise en place de laboratoires de recherches publics d'envergure mondiale, souvent financés avec l'appui de grandes entreprises du numérique. Ainsi, on ne saurait passer sous silence les centres de recherches reconnus mondialement comme le MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle ainsi que l'Institut de valorisation des données (IVADO) qui, sans travailler sur les chaînes de blocs à proprement parler, se spécialisent néanmoins sur deux technologies très reliées, l'intelligence artificielle et la science des données.

Le MILA résulte d'une collaboration entre l'Université de Montréal et l'Université McGill, et cela tout en entretenant des liens étroits avec Polytechnique Montréal et HEC Montréal. Il est au cœur du pôle d'innovation sur l'intelligence artificielle qui est en train de se mettre en place dans le secteur dit du « Mile-Ex » de Montréal. Son bâtiment hébergera également IVADO qui a reçu en 2016 une subvention du gouvernement fédéral de 93,6 M\$. Ce centre regroupe 1 000 scientifiques qui se spécialisent en science des données, en recherche opérationnelle et en intelligence artificielle. En collaboration avec l'Université de Waterloo située en Ontario, IVADO a également été sélectionné pour former la supergrappe SCALE.AI. À ces centres s'ajoutent également, le Center for Intelligent Machines (CIM) de l'Université McGill qui regroupe plus d'une vingtaine de chercheurs et 150 étudiants, de même que le Centre de recherche en données massives de l'Université Laval (CRDM) qui regroupe 35 membres permanents.

En ce qui concerne, plus spécifiquement, les chaînes de blocs, l'IGN a identifié six institutions qui comportent une spécialisation de recherche dans ce domaine :

- L'École de technologies supérieures (Laboratoire FUSÉE) ;
- L'Université Concordia (Chaire de recherche industrielle CRSNG/Raymond Chabot Grant Thornton/Catallaxy en technologies blockchain) ;
- L'Université de Montréal (CIRRELT, Network Research Lab) ;

---

53. ISQ, Dépenses intra-muros de R-D du secteur de l'enseignement supérieur (DIRDES), Québec, autres provinces et Canada, en ligne à : [http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/science-technologie-innovation/recherche-developpement/secteur-enseignement/dirdes\\_courants.htm#mest=M%24](http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/science-technologie-innovation/recherche-developpement/secteur-enseignement/dirdes_courants.htm#mest=M%24)

54. Site Internet du MEI : <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/secteurs/technologies-de-linformation-et-des-communications/centres-de-recherche/>.

- L'Université du Québec à Chicoutimi ;
- L'Université du Québec à Rimouski (Fintech Lab) ;
- L'Université Laval<sup>55</sup>.

Non seulement ces centres permettent de concentrer au Québec, et à Montréal en particulier, une main-d'œuvre hautement qualifiée qui dispose des moyens nécessaires pour approfondir les connaissances dans le domaine du numérique, cette concentration favorise la création d'une synergie qui, considérant les multiples partenariats établis, s'étend jusqu'à la sphère privée.

## Capital de risque et de développement

Le capital de risque vise le financement d'entreprises émergentes qui ne sont pas cotées en bourse, dont on juge qu'elles ont un fort potentiel de croissance et qui œuvrent dans des secteurs non conventionnels comme les sciences de la vie, les technologies vertes et les TIC. Le Québec est bien doté en capital de risque. Par exemple, on estime que le Grand Montréal compte plus de 5 000 startups technologiques soutenues par les investisseurs institutionnels, les fonds de travailleurs et les fonds privés de capitaux de risque. Le capital de développement vise plus spécifiquement les étapes ultérieures de développement des entreprises et ne se limite pas aux seules entreprises technologiques.

Malgré les crises profondes traversées par l'industrie au début des années 2000 et à l'occasion de la Grande Récession de 2008-2009, le capital de risque et de développement québécois est parvenu à consolider son infrastructure grâce en partie à la création de Teralys Capital en 2009. Teralys est un fonds de fonds, au sens où il finance lui-même des fonds spécialisés en capital de risque. Né d'une collaboration entre le gouvernement du Québec, par l'intermédiaire d'Investissement Québec, les financiers collectifs québécois (la Caisse de dépôt et placement du Québec [CDPQ], Desjardins, le Fonds de solidarité FTQ, Fondation CSN, La Capitale) et par du capital privé, il cumule à l'heure actuelle plus de 2 G\$ investis dans des fonds spécialisés privés au Québec, au Canada et à l'étranger. Ces fonds financent à hauteur de 55 % des entreprises émergentes dans le domaine des TIC, en comparaison à 35 % pour les sciences de la vie et 10 % pour les technologies vertes<sup>56</sup>.

Tous secteurs confondus, le financement par capital de risque et de développement au Québec s'est élevé à 12 G\$ en 2017 (1,3 G\$ pour le capital de risque et 10,7 G\$ pour le capital de développement). Pour le seul capital de risque, une augmentation importante des financements de 32 % par rapport à 2016 a permis au Québec de s'emparer de 30 % du nombre total des transactions de capital de risque au Canada (180 sur 592) et de 37 % de la totalité des dollars investis (1,3 G\$ sur 3,5 G\$). Les trois plus grosses transactions (de plus de 100 M\$) l'ont été dans le secteur des TIC : Lightspeed, Element AI et LeddarTech<sup>57</sup>.

55. IGN, *Registres distribués, op. cit.*, p. 32.

56. Voir son site Internet : <http://www.teralyscapital.com/teralys-capital/>.

57. CVCA, *Aperçu du marché québécois du capital de risque et du capital de développement*, 2017.

L'ampleur du financement par capital de risque au Québec place celui-ci au 7<sup>e</sup> rang parmi les pays de l'OCDE et au 9<sup>e</sup> rang parmi les provinces canadiennes et les États américains. Le secteur des TIC accapare la plus grande proportion de ce financement au Québec, à hauteur de 37,8 %, contre 34,5 % pour les sciences de la vie qui arrivent en deuxième place<sup>58</sup>.

Dans le domaine plus spécifique des chaînes de blocs, Luge Capital, un fonds canadien spécialisé dans les technologies financières, investit dans des entreprises émergentes qui développent des technologies novatrices autour de la sécurité des données, des robots-conseillers, de l'intelligence artificielle et des chaînes de blocs. Doté d'un fonds de 85 M\$, ses deux principaux partenaires sont la CDPQ et le Mouvement Desjardins, auxquels s'ajoutent la Financière Sun Life, le Fonds de Solidarité FTQ, La Capitale, iA Groupe financier et BDC Capital<sup>59</sup>. Mentionnons par ailleurs les fonds Inception Block Ventures, Real ventures et Fonds Rivemont Crypto, qui investissent tous dans des entreprises émergentes qui misent sur les chaînes de blocs<sup>60</sup>.

### **Les organismes d'intermédiation**

Si les diverses modalités de financement précédemment décrites visent à soutenir la R&D et les entreprises émergentes dans le domaine des TIC et le numérique, il existe également une infrastructure de soutien composée d'un tissu d'organismes d'intermédiation qui visent à faciliter l'utilisation optimale du financement disponible et les opérations de transfert de technologies<sup>61</sup>. Les organismes d'intermédiation sont de différents ordres, sectoriels ou régionaux, pour l'essentiel à but non lucratif. Ils offrent des services d'accompagnement stratégiques et cherchent à faciliter l'établissement de partenariats et le transfert de technologies, le réseautage, la mutualisation de certaines ressources, etc.

Parmi les organismes d'intermédiation, on compte les bureaux de liaison université-entreprise (BLEU), une instance administrative des universités dont la mission consiste à faire la promotion des résultats de la recherche universitaire auprès des entreprises. Précisons qu'à peu près toutes les universités du Québec comportent un BLEU. De même, les sociétés de valorisation, souvent commanditées par des entreprises, ont pour mission de repérer des innovations porteuses et à établir des ententes de transfert technologique dans le but d'en assurer la commercialisation. Le Québec compte trois grandes sociétés de valorisation, qui comportent toutes un volet portant sur les TIC : ALIGO Innovation, SOVAR et Univalor.

Aussi, les incubateurs et les accélérateurs offrent aux entreprises innovantes des services-conseils et d'accompagnement en affaires et parfois même l'accès à des infrastructures

---

58. ISQ, *Investissements en capital de risque au Québec et dans le monde entre 1996 et 2016*, Bulletin Savoir.stat, vol. 17, no. 4, septembre 2017, en ligne : <http://www.stat.gouv.qc.ca/statistiques/science-technologie-innovation/bulletins/savoir-stat-vol17-no4.pdf>.

59. Voir son site Internet : <https://www.luge.vc/fr/>.

60. IGN, *Registres distribués*, op. cit., p. 32.

61. Réal Pelland, *Les organismes d'intermédiation au Québec. Rôles et gouvernance : vers une vision « systémique – innovation ouverte »*, mémoire présenté au Conseil de la science de la technologie du Québec, 2010, p. 1.

de recherche pour le développement de technologies, alors que les pôles d'innovation visent à canaliser et stimuler les interactions, le réseautage, le partage de connaissances et de ressources dans certains créneaux et pour des régions données. L'organisme Info Entrepreneur répertorie ainsi 27 incubateurs dans l'industrie de l'information et l'industrie culturelle et 19 incubateurs dans le domaine des services professionnels, scientifiques et techniques<sup>62</sup>. Enfin, en plus des pôles d'innovation régionaux déjà bien implantés que sont Sherbrooke Innopole et Magog Technopole ou encore Digihub à Shawinigan, tout un programme de mise en place d'un réseau de pôles d'innovation régionaux a été lancé en 2018, bien que récemment remis en question par le gouvernement de François Legault.

### 2.1.3 Portrait du numérique au Québec

Le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC) au Québec se révèle particulièrement vigoureux et névralgique, celui-ci ayant généré plus de 30 G\$ de revenus et 8,1 G\$ en exportations en 2018. De même, le PIB (la valeur ajoutée) du secteur s'élève à 16,9 G\$ et offre près de 133 000 emplois, ce qui correspond respectivement à 5 % du PIB du Québec et 3 % du marché de l'emploi, la croissance du secteur se révélant par ailleurs 2,2 fois supérieure à la moyenne de l'économie au cours des 15 dernières années<sup>63</sup>. Selon le dernier diagnostic sectoriel établi par TECHNOCompétence, le secteur des TIC au Québec compte pour 22 % de celui du Canada, alors que la part de l'Ontario s'élève quant à elle à 45 %. Cela dit, c'est au Québec que le secteur a connu la plus forte croissance au cours des 10 dernières années, soit 2,51 % en moyenne par année contre 1,54 % pour l'Ontario<sup>64</sup>.

Le secteur des TIC se décline en différents sous-secteurs : 1) le commerce de gros des TIC ; 2) l'industrie manufacturière des TIC ; 3) les entreprises de télécommunication ; et 4) les services de conception de systèmes informatiques et d'édition de logiciels. Or, c'est ce dernier sous-secteur qui est au cœur de la vitalité de l'écosystème des TIC au Québec, générant 42 % des revenus et employant 65 % de la main-d'œuvre du secteur<sup>65</sup>. C'est aussi dans ce sous-secteur que se concentre l'essentiel des segments qui peuvent être associés aux chaînes de blocs : intelligence artificielle, centres de données, Internet des objets, etc.

Les tableaux suivants présentent l'évolution récente du secteur. Pour les données sur l'emploi et la rémunération, nous avons retenu les 3 industries les plus pertinentes par rapport à notre recherche, qui correspondent aux codes SCIAN 5112, 5182, 5415<sup>66</sup>. Pour le

62. D'après le répertoire de Info Entrepreneur, en ligne : <https://www.infoentrepreneurs.org/fr/repertoire---accelerateurs-et-incubateurs/#5>.

63. Données du ministère de l'Économie et de l'Innovation, en ligne à : <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/secteurs/technologies-de-linformation-et-des-communications/aperçu-de-lindustrie-des-technologies-de-linformation-et-des-communications/>

64. TECHNOCompétence, *Diagnostic sectoriel des TIC*, op. cit., p. 18.

65. *Ibid.*, p. 24.

66. Il s'agit des codes SCIAN retenus par l'organisme TECHNOCompétence en ce qui concerne le sous-secteur « services informatiques et éditeurs de logiciels ». Nous avons toutefois mis de côté le quatrième code

nombre d'entreprises, nous avons dû compiler les données à partir de plusieurs tableaux pour parvenir à des résultats comparables. Comme on peut le voir dans les deux premiers tableaux, les segments qui nous intéressent du secteur des TIC au Québec sont en croissance, quoique certains plus que d'autres, tant au niveau du nombre d'entreprises que du nombre d'emplois. Pour la période de sept ans, le nombre d'entreprises des trois industries choisies a progressé de 27 %, contre seulement 6 % pour l'ensemble des industries au Québec. On remarque, cependant, que pour les éditeurs de logiciels et les centres de données, l'évolution du nombre d'entreprises est restée plutôt stationnaire après 2013, de façon assez similaire à celle de l'ensemble des industries pour la même période. Cela n'a toutefois pas été le cas pour l'industrie de la conception de systèmes informatiques, qui a montré une croissance relativement continue pour toute la période.

**Tableau 1 : Nombre d'entreprises (2011-2018)**

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ensemble des industries	244 490	241 973	256 749	256 897	257 224	257 179	258 713	261 002
Éditeurs de logiciels	186	263	275	295	274	264	297	302
Traitement de données, hébergement de données et services connexes	126	153	144	144	150	145	147	146
Conception de systèmes informatiques et services connexes	5 077	4 786	5 522	5 275	5 351	5 614	5 813	6 411
Total (3 industries)	5 389	5 202	5 941	5 714	5 775	6 023	6 257	6 859

Sources : Données compilées par l'IRÉC à partir des tableaux CANSIM intitulés, « Entreprises par industrie et tranches d'effectif » (2011 à 2014 : 33-10-0025-01 ; 33-10-0027-01 ; 33-10-0029-01 ; 33-10-0023-01) et « Nombre d'entreprises canadiennes », avec employés (2015 à 2018 : 33-10-0039-01 ; 33-10-0041-01 ; 33-10-0037-01 ; 33-10-0105-01).

L'évolution du nombre d'emplois a été plus contrastée. On peut voir que l'emploi de l'industrie du logiciel a doublé en 10 ans, avec l'essentiel de la création qui serait survenu avant 2012. À l'inverse, l'emploi dans les centres de données a quant à lui chuté du quart pendant la même période, avec des périodes de gains et de pertes tout au long des 10 ans. Enfin, comme le laissaient prévoir les données sur le nombre d'entreprises, l'emploi du secteur de la conception des systèmes informatiques a connu une croissance continue pour toute la période, et tout

SCIAN intégré à ce sous-secteur, les données pour ce code n'étant pas disponibles pour tous les tableaux CANSIM auxquels nous référons, ce code renvoyant de toute façon à des services de réparation et d'entretien, « Réparation et entretien de matériel électronique et de matériel de précision » (SCIAN 8112). Voir TECHNOCCompétence, *Diagnostic sectoriel des TIC, op. cit.*, p. 74.

particulièrement pour les dernières années, avec une croissance annuelle moyenne de 8,4 %. Pour l'ensemble des trois industries, la progression de l'emploi a été de 80 % sur 10 ans, alors que pour l'ensemble des industries au Québec elle fut de seulement 10 %.

**Tableau 2 : Nombre d'emplois (2008-2018)**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ensemble des industries	3 855 090	3 817 035	3 912 320	3 960 730	3 988 460	4 021 550	4 033 640	4 083 370	4 125 965	4 223 665	4 253 300
Éditeurs de logiciels	6 340	5 040	7 960	10 710	11 070	9 610	10 180	10 890	12 395	12 830	12 590
Traitement de données, hébergement de données et services connexes	2 355	1 635	1 845	1 830	2 000	2 025	1 845	1 795	1 970	1 820	1 750
Conception de systèmes informatiques et services connexes	43 125	45 610	47 465	52 205	54 825	59 155	62 175	65 925	69 310	76 500	79 200
Total (3 industries)	51 820	52 285	57 270	64 745	67 895	70 790	74 200	78 610	83 675	91 150	93 540

Source : Statistique Canada, CANSIM, tableau 36-10-0489-01.

Par ailleurs, les rémunérations offertes dans ce secteur de l'économie sont tout à fait enviables. Pour les trois industries choisies, elles ont été relativement supérieures à celle offerte dans l'ensemble des industries. C'est dans les centres de données qu'elles sont néanmoins les plus faibles, avec une volatilité importante qui n'est probablement pas étrangère à celle que nous avons signalée sur le plan de l'emploi. Pour les deux autres industries, l'évolution des rémunérations reste en croissance de façon assez constante. La hausse significative de la rémunération dans l'industrie du logiciel des dernières années ne doit pas être étrangère à la concurrence féroce qui se joue à Montréal entre les éditeurs de jeux vidéo.

**Tableau 3 : Rémunération totale par heure travaillée**

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ensemble des industries	26,65	27,33	27,53	28,76	29,71	30,48	31,48	31,68	31,98	33,01	33,91
Éditeurs de logiciels	40,14	38,85	37,24	38,93	41,54	43,46	44,4	47,53	47,63	49,46	54,85
Traitement de données, hébergement de données et services connexes	32,16	30,75	33,1	33,13	33,32	29,53	30,8	34,6	38,1	40,24	40,72
Conception de systèmes informatiques et services connexes	36,75	37,38	37,68	37,24	38,09	41,38	41,31	39,74	40,2	42,94	43,88

Source : Statistique Canada, CANSIM, tableau 36-10-0489-01. Il s'agit de la rémunération horaire moyenne, calculée selon le « rapport de la rémunération totale du travail pour tous les emplois au nombre d'heures travaillées », en ligne : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/13-605-x/gloss/gloss-r-fra.htm#Rémunérationtotaleparheuretravaillée>.

En ce qui concerne plus particulièrement le segment des chaînes de blocs, d'après une enquête du *Chamber of Digital Commerce of Canada* réalisée en 2019, le Canada compterait quelque

400 entreprises qui utilisent cette technologie. Pour le moment, la très grande majorité de celles-ci, à hauteur de 80 %, se concentre en Ontario et en Colombie-Britannique. Toutefois, l'Alberta et le Québec montrent des signes de rattrapages et de croissance rapide, ce dernier accueillant pour le moment 9 % de cette industrie. Il s'agit également d'un segment de l'économie dont on attend une forte croissance dans l'avenir. Les dépenses canadiennes en matière de chaînes de blocs devraient, selon la même enquête, augmenter de façon exponentielle en passant de 72 à 644 M\$ US de 2019 à 2023. Par ailleurs, les salaires offerts sont très avantageux, s'élevant en moyenne à 98 423 \$ au Canada<sup>67</sup>.

Fait important à noter, les entreprises qui œuvrent actuellement au Québec dans le segment des chaînes de blocs ne se rattachent que pour une part minoritaire aux cryptomonnaies. D'après l'IGN, on compte environ une quinzaine d'organisations et d'entreprises qui se consacrent aux cryptomonnaies et une dizaine de plus affectées plus spécifiquement au minage. On en compte bien davantage sur d'autres activités : 25 aux services professionnels, 25 à la consultation et au développement de projets, 20 au développement de solutions techniques et de logiciels, 6 aux technologies financières, 3 spécialisées en gouvernance et gestion des identités, 8 qui en font l'utilisation et 6 qui se spécialisent dans l'audit et la vérification. Bref, les activités québécoises relevant des cryptomonnaies sont plutôt minoritaires en ce qui concerne les organisations et les entreprises qui se rattachent à la technologie des chaînes de blocs<sup>68</sup>.

#### *2.1.4 Quelques mesures sélectives pour développer le numérique*

Outre les stratégies de développement technologique qui se sont succédé au Québec, telles que la Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation de 2006 dont nous avons parlé précédemment, d'autres mesures sélectives ont été mises en place pour favoriser le développement de l'économie numérique en mettant en valeur les avantages comparatifs du Québec dans certains domaines. Les tarifs préférentiels d'Hydro-Québec en faveur de certains segments du secteur, qui se caractérisent par une intensité énergétique élevée, font partie de ces mesures.

Ainsi, lors des audiences de la Régie de l'énergie touchant l'enjeu des cryptomonnaies, on précisait qu'Hydro-Québec avait lancé à partir de 2016 une offensive pour attirer les centres de données sur la base d'une électricité propre à 99,8 % et des tarifs parmi les plus avantageux du monde. Cette stratégie a fait en sorte que Montréal sera désignée comme le meilleur endroit du monde où établir un centre de données (face à des régions telles que la Finlande, la Norvège et l'Écosse) à l'occasion du congrès mondial Datacloud<sup>69</sup>. D'autres facteurs entrent également en jeu pour expliquer ce choix, dont un écosystème bien développé

---

67. Données citées dans IGN, *Registres distribués, op. cit.*, p. 25.

68. *Ibid.*, p. 31-34.

69. Voir <https://www.newswire.ca/news-releases/la-region-de-montreal-est-designee-meilleur-endroit-du-monde-ou-etablir-un-centre-de-donnees-828679261.html>.

dans le domaine du numérique ainsi que des lois (canadiennes) plus strictes en matière de confidentialité des données (contrairement aux États-Unis où le Patriot Act permet aux autorités d'avoir accès aux données entreposées sur le sol étasunien).

Une analyse de KPMG<sup>70</sup>, commanditée par Hydro-Québec, estime que le segment des centres de données pourrait soutenir, selon un scénario modéré, autour de 5 300 emplois directs et indirects en 2025 au Québec, et jusqu'à 14 000 selon un scénario optimiste. L'analyse de KPMG identifie trois types de centres de données : les centres « propriétaires » de type pur ou dédié dont les installations sont dédiées au service d'une seule entreprise, généralement active dans un secteur à forte intensité de données ; les centres de « colocation » de type pur appartiennent à des entreprises qui se spécialisent dans l'impartition du traitement ou de l'hébergement de données pour des entreprises externes (il s'agirait des exemples les plus nombreux au Québec) ; enfin, les centres à vocation élargie représentent les entreprises qui ont ajouté d'autres activités périphériques (centres d'appels ou de services) à leurs activités d'hébergement de données. Les ratios d'emplois par mégawatt (MW) utilisé varient selon le type de centre : pour les centres « propriétaires », on parle de 11,4 emplois totaux par MW (dont 5 emplois directs), pour les centres de « colocation » de 19,7 emplois totaux par MW (dont 12 emplois directs) alors que pour les centres à vocation élargie on les estime à 33 emplois totaux par MW (dont 25 emplois directs). Autrement dit, plus l'activité d'hébergement est accompagnée d'activités connexes, et plus les impacts sont importants, mais avec un effet décroissant.

C'est aussi en raison de l'intensité énergétique des cryptomonnaies, et du cours élevé de la principale d'entre elles (Bitcoin) qu'Hydro-Québec a reçu en 2017-2018 plusieurs demandes de clients potentiels de grande consommation dans ce segment. On a parlé à un moment donné d'une demande potentielle de 18 000 MW, dont plus de 6 000 MW auraient été considérés comme sérieux. Hydro-Québec aura accepté une vingtaine de propositions avant de finalement décréter un moratoire et déposer à la Régie de l'énergie une demande officielle d'examen relative à la fixation de tarifs et conditions de service pour cette industrie. Au terme de l'exercice, la Régie de l'énergie a rendu sa décision le 29 avril 2019<sup>71</sup> en reconnaissant à Hydro-Québec la pertinence de créer une nouvelle catégorie de consommateurs d'électricité pour un usage cryptographique appliqué aux chaînes de blocs avec la création d'un bloc dédié de 300 MW<sup>72</sup> en service non ferme dans le cadre d'ententes pour des abonnements aux tarifs M et LG en vigueur, selon le cas. À la demande de divers intervenants, la Régie a également imposé qu'un bloc d'au moins 50 MW du 300 MW soit réservé aux projets de 5 MW et moins. Parmi les avantages potentiels associés à cette décision, il y a d'abord celui, pour la société d'État, de pouvoir diminuer ses surplus d'électricité pour

70. Voir <http://www.hydroquebec.com/data/centre-donnees/pdf/hq-centres-de-donnees-kpmg.pdf>. Concernant les différents types de centres, le rapport précise que la vocation de ces centres n'est pas fixe, qu'ils peuvent évoluer, selon les opportunités d'affaires, d'un groupe à l'autre.

71. Voir [http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/457/DocPrj/R-4045-2018-A-0103-Dec-Dec-2019\\_04\\_29.pdf](http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/457/DocPrj/R-4045-2018-A-0103-Dec-Dec-2019_04_29.pdf).

72. À ces 300 MW s'ajoutent les 158 MW dédiés à ses abonnements existants et les 210 MW dédiés aux abonnements existants des réseaux municipaux, pour un total de 668 MW. À titre de comparaison, c'est l'équivalent de la consommation d'une aluminerie au Québec.



une consommation pouvant atteindre jusqu'à 5,6 TWh par année<sup>73</sup>. À titre de comparaison, mentionnons qu'Hydro-Québec estime que ses sources d'approvisionnement dépassent les besoins de l'entreprise de plus de 40 TWh d'énergie disponible par année<sup>74</sup>. Une telle réduction serait donc considérable, d'autant plus que les ententes proposées comprennent une obligation d'effacement pour 300 heures par année pendant les heures critiques de pointe hivernale.

La Régie a par ailleurs approuvé la création d'un processus de sélection pour Hydro-Québec en établissant une grille en fonction de critères de développement économique et environnemental. Selon un autre rapport de KPMG publié en 2018 pour le compte d'Hydro-Québec<sup>75</sup>, les établissements de minage de petite taille (3 MW) apporteraient 3,1 emplois par MW (soit 2,3 d'emplois directs et 0,8 emploi indirect). Un établissement de taille moyenne (20 MW) apporte 1,9 emploi par MW (1,2 emploi direct et 0,7 indirect) alors que les établissements de grande (75 MW) et de très grande taille (250 MW) contribuent à la création respective de 1,4 et 1 emploi direct et indirect par MW. Puisqu'Hydro-Québec doit favoriser les projets qui ont les plus grandes incidences économiques pour le Québec, ce sont les entreprises avec un large enracinement local qui seront privilégiées.

## 2.2 Un écosystème numérique responsable centré sur les chaînes de blocs

Pour les diverses raisons mentionnées dans la section précédente, nous estimons que le Québec devrait pouvoir s'appuyer sur l'écosystème de l'économie numérique québécoise pour développer ici une nouvelle filière d'activité et d'emploi que représente la technologie des chaînes de blocs. L'objectif serait de faire du Québec l'un des pôles mondiaux de plateformes numériques responsables offrant des services centrés sur les chaînes de blocs, en particulier pour les applications de registre distribué et de contrat intelligent.

Rappelons encore une fois que les trois grands domaines d'application de la technologie des chaînes de blocs sont le transfert de valeurs (par l'usage des cryptomonnaies), les applications de registre distribué (pour la certification, l'identification, le stockage, la traçabilité, etc.) et les applications de contrats intelligents. Si, comme nous le disions précédemment, on s'attend à ce que les dépenses canadiennes en matière de chaînes de blocs, tous domaines confondus, passent de 72 millions \$ US en 2019 à 644 millions \$ US en 2023, une étude de

---

73. Ce chiffre est obtenu sous l'hypothèse que les entreprises de minage utilisent la puissance dédiée à pleine capacité pendant 8 500 heures par an, la consommation totale maximale serait alors de 5,6 TWh. Sous cette hypothèse, cela signifie que le Québec aurait le potentiel de soutenir autour de 10 % des activités de minage du bitcoin, contre 60 % pour la Chine. Cependant, pour ce dernier pays, le National Development and Reform Commission (NDRC), qui avait déjà interdit certaines activités sur le territoire chinois (les levées de fonds en cryptomonnaies), a récemment identifié le minage des bitcoins sur une liste préliminaire de 450 activités industrielles à limiter du fait qu'elles ne respectent pas les lois et réglementations en vigueur, sont dangereuses, gaspillent des ressources ou polluent l'environnement. Dans ce contexte, cela pourrait expliquer la popularité récente du Québec pour les mineurs de bitcoins. Voir <https://www.reuters.com/article/us-china-cryptocurrency/china-says-it-wants-to-eliminate-bitcoin-mining-idUSKCN1RL0C4>.

74. Hydro-Québec, *Portrait des ressources énergétiques d'Hydro-Québec*, novembre 2019.

75. Voir [http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/457/DocPrj/R-4045-2018-B-0005-Demande-Piece-2018\\_06\\_14.pdf](http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/457/DocPrj/R-4045-2018-B-0005-Demande-Piece-2018_06_14.pdf).

la firme Navigant Research prévoit que, dans le seul domaine de la transition énergétique, les applications de chaînes de blocs verraient leur revenu annuel croître à un rythme de 66,9 % entre 2019 et 2028 (principalement en Europe, en Amérique du Nord et en Asie-Pacifique), jusqu'à atteindre des revenus mondiaux de 7,7 milliards \$ US en fin de période<sup>76</sup>.

Si dans cette note de recherche nous nous intéressons plus spécifiquement aux registres distribués et aux contrats intelligents, ce n'est pas par un quelconque désintérêt des enjeux de transfert de valeur, mais plus prosaïquement parce qu'il s'agit déjà du domaine d'application le plus développé ailleurs au Canada et que nous n'avons qu'une seule attente sur ce plan, en l'occurrence que la Banque du Canada crée une cryptomonnaie publique qui pourrait être largement utilisée au Canada. Selon le rapport d'un groupe de travail présidé par Joëlle Toledano, professeure émérite d'économie à l'université Paris-Dauphine, l'idée de la création d'une monnaie numérique de banque centrale serait à l'étude au Royaume-Uni, au Canada, en Inde, en Suède, en Chine, à Singapour et en Russie. Par ailleurs, deux économistes de la BRI auraient fait paraître, en 2017, une étude sur les formes de cryptomonnaies qui pourraient être émises par les banques centrales alors que des économistes de la Banque d'Angleterre et de la Banque d'Australie auraient prolongé cette réflexion en l'accompagnant d'un nouvel acronyme, le CBDC pour *Central Bank Digital Currency*<sup>77</sup>.

Cette position ne veut pas dire non plus que nous nous désintéressons du domaine des technologies financières (*fintech*), puisque plusieurs des applications de registre et de contrat intelligent que nous suggérons d'encourager pourraient aussi s'appliquer commercialement au secteur de la finance et de l'assurance. Mais ce ne serait pas, spécifiquement, pour leur attribut de transfert de valeurs. D'ailleurs, on ne peut que constater qu'en l'état actuel des choses, la plupart des cryptomonnaies remplissent très imparfaitement les trois fonctions traditionnellement dévolues à la monnaie : leur volatilité en fait des réserves de valeur incertaines ; pour la même raison, elles sont de piètres unités de compte ; enfin, leur rôle de moyen d'échange reste limité, étant actuellement utilisé surtout à des fins spéculatives, pour échapper aux réglementations sur le contrôle des capitaux ou pour des transactions illicites. Dans cette partie, nous allons mieux définir ce que nous entendons par notre proposition de faire du Québec un pôle mondial de plateformes numériques responsables offrant des services centrés sur les chaînes de blocs.

### 2.2.1 Des plateformes à valeurs ajoutées

L'objectif de soutenir le développement de plateformes numériques responsables, offrant des services centrés sur les chaînes de blocs, passe nécessairement par l'imposition d'un ensemble de caractéristiques auxquelles ces plateformes devraient répondre. En effet, pour

---

76. Navigant Research, *Energy Blockchain Applications Overview*, Global Forecasts for Supply Chain, Generation, Wholesale, Distribution, Retail, and Behind-the-Meter Market Segments for World Markets, 3Q 2019.

77. France stratégie, *Les enjeux des blockchains*, Rapport du groupe de travail présidé par Joëlle Toledano, juin 2018.

se qualifier de « responsable », ces plateformes devraient effectivement répondre à des critères dits ESG, c'est-à-dire répondant à des préoccupations de nature environnementale, sociale et de gouvernance, en plus des critères plus spécifiquement économiques (répondre efficacement à une demande). En l'occurrence, ces plateformes ont le devoir d'apporter quelque chose de plus de ce qu'offrent actuellement les plateformes des GAFAM (Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft), c'est-à-dire des valeurs ajoutées qui ne seraient pas seulement monétaires.

### Des valeurs environnementales

En opposition à ce qu'ont pu laisser entendre de nombreuses théories développées au cours des années 2000 sur le devenir « immatériel » de l'économie<sup>78</sup>, le développement des technologies de l'information et de la communication (TIC) et leur importance grandissante dans l'économie supposent une infrastructure matérielle colossale formée de milliards de téléphones intelligents et d'ordinateurs personnels, de millions de km de câbles optiques qui s'étendent à la grandeur de la planète, de serveurs, de superordinateurs, de centres de données gigantesques, etc. Pour se donner une idée des impératifs matériels de cette économie du numérique, l'empreinte carbone de tout ce réseau serait comparable à celle du transport aérien<sup>79</sup>.

Dans cet ordre d'idées, l'industrie du numérique implique certes tout un développement de nature immatérielle, soit toute la sphère qui relève de l'univers du logiciel (*software*), en particulier les programmes informatiques et plus récemment les algorithmes automatisés de l'intelligence artificielle, mais aussi tout un développement d'ordre matériel du réseau et des appareils informatiques (*hardware*). Dans *Le livre blanc des technologies du Québec*, l'organisme TechnoMontréal détermine de la manière suivante les neuf grandes composantes de l'architecture technologique et les neuf grandes étapes de la chaîne de valeur économique qui s'étendent de l'extraction des matières premières jusqu'à l'analyse et l'exploitation des données numériques :

- Extraction des métaux et des terres rares (par exemple, le Lithium) ;
- Production de semi-conducteurs, de microsystèmes et du matériel microélectronique ;
- Intégration des composantes et logiciels pour l'implantation de réseaux ;
- Offre de services et d'accès aux réseaux ;
- Conception d'appareils, d'applications et de logiciels ;

78. Michael Hardt et Antonio Negri, *Empire*, Paris, Exils, 2000 ; *Multitude : guerre et démocratie à l'âge de l'Empire*, Paris, La Découverte, 2004 ; Yann Moulier Boutang, *Le capitalisme cognitif : la nouvelle grande transformation*, Paris, Éditions Amsterdam, 2007 ; André Gorz, *L'immatériel : connaissance, valeur et capital*, Paris, Galilée, 2003.

79. Jean-François Cliche, *Vérification faite : le streaming, aussi polluant que tous les avions du monde ?* Le Soleil, <https://www.lesoleil.com/actualite/verification-faite/verification-faite-le-streaming-aussi-polluant-que-tous-les-avions-du-monde-7acb2bf064ed0ba0d6b6bdb6b9e3f13d>.

- Extraction de données au moyen de plateformes numériques ;
- Extraction de données au moyen de capteurs avec l'Internet des objets ;
- Stockage de données dans des centres et services infonuagiques ;
- Exploitation des données avec la science des mégadonnées et l'intelligence artificielle<sup>80</sup>.

L'économie numérique a néanmoins la capacité de mener à une certaine dématérialisation de l'activité économique, plus économe en kilomètres parcourus et en matières premières utilisées. Les outils « intelligents » permettent en effet de régler au mieux nos consommations (chauffage, électricité, transport) et ouvrent la porte à une multiplication des « usages » plutôt qu'à la possession des biens, au profit d'une plus grande durabilité de ces derniers. Parmi ces outils que nous offre l'économie numérique, la technologie des chaînes de blocs est susceptible de contribuer à ce bouleversement de l'économie avec la numérisation des opérations entourant les échanges (appels d'offres, validation partielle par des tiers, règlements conditionnés, etc.) qui pourraient être gérés automatiquement et en confiance grâce aux applications de registres distribués et de contrats intelligents. En somme, l'économie peut devenir en partie programmable, éliminant de fait une partie des intermédiaires qui font augmenter les prix. Mais, même en ce cas, il ne faut pas oublier la dimension énergivore des infrastructures nécessaires à cet univers numérique. On peut bien vouloir remettre le numérique à sa juste place, comme le suggère un rapport récent de l'Institut Veblen en France<sup>81</sup>, mais on peut aussi chercher à diminuer drastiquement l'empreinte carbone de cette infrastructure numérique en l'alimentant avec des énergies renouvelables.

Notre proposition de créer un pôle québécois de plateformes numériques responsables repose d'abord et avant tout sur la possibilité d'utiliser la technologie des chaînes de bloc pour garantir que le service offert par ces plateformes serait « produit au Québec à faible intensité carbone ». Plusieurs projets-pilotes sont en cours de déploiement dans le monde pour certifier, par le biais de registres distribués, tout le cycle de vie d'un produit, y compris sur les marchés d'exportation. Grâce à ces registres, on peut garantir que tel produit provient bien de l'atelier de fabrication de la marque X et a bien emprunté le circuit homologué par le donneur d'ordre ; ou encore que tel médicament contient bien la molécule active Y et a transité par des revendeurs habilités ; que tel produit alimentaire a respecté les conditions d'élevage, sans rupture de la chaîne de froid, etc. Par exemple, la marque Volvo a récemment annoncé avoir mis en place un registre distribué pour la traçabilité du cobalt utilisé dans ses batteries. En partenariat avec les entreprises CATL et LG Chem auprès desquelles elle achète ses batteries, la chaîne de blocs mise en place à la fin de l'an dernier consignera l'origine du minerai, le poids et le volume commandés, la chaîne des propriétaires

80. TechnoMontréal, *Le livre blanc des technologies du Québec : plusieurs visées, une seule vision*, novembre 2019, p.12-14.

81. Voir entrevues et billets sur le récent ouvrage *Pour une écologie numérique* d'Eric Vidalenc <https://www.veblen-institute.org/Vient-de-paraitre-Pour-une-ecologie-numerique-par-Eric-Vidalenc>.

successifs jusqu'au destinataire, et des informations qui garantissent que leur comportement est conforme aux lignes directrices de l'OCDE<sup>82</sup>. Mais Volvo ne faisait que suivre l'exemple des groupes Volkswagen et Ford qui, avec le coréen LG Chem et le chinois Huayou Cobalt, ont fait appel au début de 2019 à la solution open source IBM Blockchain Hyperledger hébergée par la Fondation Linux afin d'assurer la traçabilité de ses fournitures en matières premières stratégiques pour ses batteries<sup>83</sup>.

Dans un tel contexte, nous estimons que le gouvernement du Québec pourrait, dans le cadre d'une nouvelle politique commerciale axée sur la promotion d'un panier d'exportations de produits québécois « vert<sup>84</sup> », faciliter la mise en place d'un registre distribué indépendant qui aurait la mission de certifier l'intensité carbone des biens et des services pour les entreprises québécoises qui désireraient s'inscrire dans cette démarche. Un tel registre distribué, fondé sur une chaîne de blocs, pourrait présenter un suivi intégral de l'intensité énergétique (sources et quantités) d'un produit, pour toutes ses étapes de production, permettant ainsi de certifier son empreinte carbone grâce à un registre pratiquement inviolable. En ce sens, la plateforme numérique québécoise qui offrirait ce service serait triplement environnementale :

1. Elle serait elle-même à faible émission ;
2. Elle pourrait certifier les pratiques environnementales en amont des biens québécois verts commercialisés ici ou ailleurs ;
3. Elle pourrait enfin certifier la faible intensité carbone d'applications de chaînes de blocs actives dans les services pour la mobilité durable et l'énergie propre.

Sur la base d'une telle initiative, le gouvernement du Québec pourrait franchir un pas supplémentaire en appuyant, avec des partenaires québécois et internationaux, un projet global de registre distribué à la base d'un vaste système mondial de comptabilité des émissions de gaz à effet de serre (GES). Nous savons comment ont été difficiles les discussions au COP 25 sur les règles d'application du marché carbone. Le litige existant entre ceux qui veulent des règles plus flexibles ou plus robustes ne serait pas résolu avec un projet de registre décentralisé, mais il permettrait d'ajouter une nécessaire transparence au marché carbone, qui fait actuellement défaut. Le caractère inviolable des chaînes de bloc et la gouvernance décentralisée du registre seraient des façons d'éviter le double comptage des réductions d'émissions<sup>85</sup>.

---

82. Voir <https://www.automobile-propre.com/breves/la-blockchain-utilisee-par-volvo-pour-tracer-le-cobalt-des-batteries/>.

83. Voir <https://www.automobile-propre.com/volkswagen-mise-sur-la-blockchain-pour-tracer-lorigine-de-ses-batteries/>.

84. À ce propos, voir Pierre Godin, *Hydro-Québec 2020: Les défis du siècle de la transition énergétique*, op.cit.

85. Le risque de double comptage peut provenir du fait que le marché accepte les réductions d'émissions issues de certains territoires, mais comptabilisées dans d'autres, ou encore le recyclage de vieux crédits carbone accordés par le protocole de Kyoto. Selon plusieurs experts, la seule façon d'éviter ces pratiques serait de mettre en place un vaste système mondial de comptabilité des émissions.

## Des valeurs sociales et de gouvernance

Si l'innovation radicale de l'Internet a effectivement conduit à une transformation importante de la diffusion et de l'accès à l'information, à une échelle jamais vue auparavant, elle a aussi mené à une mainmise quasi monopolistique d'une poignée de géants étasuniens que sont les Google, Facebook et Amazon sur des espaces entiers de l'univers numérique. À eux seuls, ces géants génèrent des revenus colossaux qui leur donnent des moyens d'imposer de nouvelles normes corporatives en matière de droits du travail, de fiscalité, de services publicitaires et de traitement des données personnelles. Des règles qui sont en voie de nous faire reculer des décennies, voire un siècle en arrière en termes de régulation économique. Un retour vers les pratiques d'avant la « Grande Transformation » décrite par Karl Polanyi, au cours de laquelle on avait pu assister à la mise en place d'un ensemble de nouveaux arrangements institutionnels pour contenir les effets destructeurs des marchés et du libéralisme à outrance, des effets qui avaient mené le monde, rappelons-le, à la Grande Dépression. La contribution actuelle des géants du numérique « à la montée de l'hypercapitalisme et au retour des inégalités<sup>86</sup> » n'est pas négligeable ; il n'est pas non plus étranger au contexte actuel de crise du régime de croissance.

Dans cet ordre d'idées, les préoccupations de nature sociale auxquelles devraient répondre des plateformes québécoises responsables relèveraient donc du ressort de l'économie d'impact, du respect des droits, en particulier des droits du travail, des réglementations fiscales nationales ainsi que de la protection des données personnelles. Elles pourraient aussi représenter des alternatives aux pratiques des GAFAM, qui ont la capacité de capturer les valeurs économiques créées par des utilisateurs non rémunérés. En effet, grâce à la technologie des chaînes de blocs, il est possible d'offrir des plateformes de services numériques au service des communautés locales, partout dans le monde, dans la mesure où les services fournis se feraient dans le respect des droits et sous des règles de gouvernance clairement identifiées, en distinguant le rôle de la plateforme québécoise qui offrirait l'architecture numérique, du rôle et du contrôle des acteurs locaux qui développeraient et offriraient les services directs aux communautés desservies.

La technologie des registres distribués est bien adaptée pour soutenir le développement de l'économie d'impact, où les acteurs cherchent à obtenir un rendement social de leurs activités en offrant des services de biens publics. Ainsi, la grande majorité de la centaine d'organisations étasuniennes – utilisatrices de la technologie – interrogées lors d'une enquête récente du Stanford Graduate School for Business<sup>87</sup> se sont concentrées sur la fourniture d'un bien public social général. Parmi ces organisations, celles opérant dans les secteurs du climat et de l'environnement, de l'identité numérique et de la santé étaient plus susceptibles de signaler un impact à plus grande échelle. Par ailleurs, 43 % des services offerts par ces organisations ont été conçus spécifiquement pour bénéficier à un groupe vulnérable ou

---

86. Thomas Piketty, *Capital et idéologie*, Paris, Éditions du Seuil, 2019.

87. Stanford Graduate School for Business, *Blockchain for Social Impact 2019*, Center for Social Innovation, 37 pages.

marginalisé, par exemple dans le domaine de l'inclusion financière ou pour fournir des services d'assurance maladie à un grand nombre de clients.

Dans le domaine du respect des droits, l'exemple de la coopérative Eva, que nous avons abordé dans le chapitre précédent, est à cet égard instructif: si c'est l'entité mère qui configure le type de service de covoiturage, ce sont les coopératives locales qui offrent le service direct aux membres passagers et conducteurs dans leur communauté respective, en assumant par exemple la fonction d'authentification des transactions de la chaîne de blocs (par le biais de contrats intelligents). Ce modèle de gouvernance peut être reproduit, avec des variantes, sur une plus vaste échelle. Pour la coop Eva, par exemple, depuis le tout début, l'équipe travaille à obtenir un niveau opérationnel élevé à Montréal pour lancer (dans une première phase de développement) la création de coopératives locales dans plusieurs autres villes, dont Québec, Calgary et ainsi de suite. On le verra plus loin, les entreprises d'économie sociale et solidaire possèdent, plus que toutes autres entreprises, les caractéristiques évidentes pour proposer ces nouveaux modèles de plateformes numériques responsables. On peut même suggérer que cette formule des plateformes numériques coopératives centrées sur les chaînes de blocs, en s'appuyant sur une diversité de partenaires locaux là où elles cherchent à s'implanter, représente une solution pratique pour concurrencer le modèle centralisateur des Uber de ce monde.

Mais au-delà de la mission et du modèle d'affaires de l'entreprise, ce qui est important ici c'est que la technologie des chaînes de blocs peut fortement contribuer à changer la donne dans le domaine des plateformes numériques. Elles peuvent fournir de nouveaux outils de coordination décentralisée, favorables à la collaboration transparente où les différents contributeurs sont tenus comptables de leurs actions, contrairement au modèle des intermédiaires centralisés. Rappelons, néanmoins, comme le souligne Primavera de Filippi, que c'est trop souvent l'absence de régulation qui favorise les dynamiques de non-respect des droits. C'est la raison pour laquelle les plateformes numériques responsables devront tenir compte de la diversité des systèmes juridiques utilisés dans le monde, dans une perspective progressiste et non pour les opposer les uns aux autres, mais qu'il faudra commencer par une réforme locale exemplaire de la réglementation québécoise pour l'adapter aux enjeux de la technologie des chaînes de blocs (nous y revenons plus en détail dans le chapitre 3) et du respect des droits dans le cadre de la révolution numérique.

Nous le savons, les données sont devenues la mine d'or du 21<sup>e</sup> siècle. Cependant, il faut en accumuler beaucoup pour que cela soit pertinent. C'est la raison pour laquelle les GAFAM ont un tel pouvoir potentiel entre leurs mains, en raison de leur capacité à prendre des positions dominantes dans des secteurs clés, qui met en danger les bases mêmes du fonctionnement efficace des marchés, des économies locales, voire de la vie démocratique des nations. En effet, les industries qui génèrent beaucoup de données, par exemple celles des banques et de l'assurance, des communications, de l'énergie, des transports et de la logistique, sont particulièrement sensibles à une dynamique de centralisation monopolistique. C'est de ce biais-là dont il faut nous prémunir, et c'est l'enjeu auquel le modèle de plateforme

numérique responsable doit répondre. L'utilisation de la technologie des chaînes de blocs ouvre la porte à de nouveaux modèles d'affaires de plateformes numériques en permettant d'assurer la sécurité et la confidentialité des données des utilisateurs grâce à ses différents protocoles.

L'importance de ces enjeux sur le respect des données personnelles ne peut être laissée au seul ressort de la technologie. Comme le reconnaissait récemment l'industrie québécoise des technologies de l'information dans *Le livre blanc des technologies du Québec*, cet enjeu doit être mieux reconnu par les pouvoirs publics et de nouvelles législations et modes de gouvernance doivent être mises en place pour encadrer de façon plus rigoureuse la gestion et la protection des données<sup>88</sup>. La quantité, la qualité et le type de données possédées doivent être connus et comptabilisés, réclament-ils, puisqu'elles constituent l'un des principaux indicateurs de valeur et de performance dans la nouvelle économie numérique. Mais les réflexions des leaders de l'intelligence artificielle autour des enjeux de responsabilité sociale appliqués au domaine du numérique et de l'intelligence artificielle vont bien au-delà des intentions du Livre blanc des technologies. La récente « déclaration de Montréal<sup>89</sup> », qui est issue d'un Forum international organisé par l'Université de Montréal, propose plus largement un cadre éthique pour orienter la transition numérique et l'intelligence artificielle afin que tous puissent en bénéficier, en ouvrant un espace de développement inclusif, équitable et écologiquement soutenable. Nous partageons entièrement la vision contenue dans cette déclaration, en autant que celle-ci ne reste pas un vœu pieux, et c'est dans la même optique que nous envisageons le développement d'un pôle québécois de plateformes numériques responsables, centrées sur des services basés sur la technologie des chaînes de blocs, en particulier dans les domaines de la transition énergétique.

En ouvrant la porte à des modèles d'affaires centrés sur le respect des données personnelles, ici comme ailleurs, ces plateformes numériques responsables pourraient offrir des services inclusifs, ouverts au partage des retombées découlant du traitement des données massives au service des communautés locales d'où elles sont issues. Ces communautés pourraient garder le contrôle de leurs données, un facteur clé dans l'acceptation et l'adoption des services offerts liés aux chaînes de blocs. Elles pourraient conserver ces données dans des centres de données locaux, mais pourraient également utiliser les services de stockage et de traitement des centres de données québécois, à faible émission de carbone, tout en gardant le contrôle sur leurs données. La révolution numérique et la technologie des chaînes de blocs offrent aujourd'hui l'opportunité de surmonter l'apparente contradiction entre la protection des libertés individuelles et les opportunités des nouvelles technologies.

Dans ce contexte, on peut se demander si Hydro-Québec a un comportement responsable dans ces domaines. Par exemple, la création récente de sa filiale Hilo devrait permettre à Hydro-Québec de vendre à ses clients des solutions intelligentes via une nouvelle

---

88. TechnoMontréal, *Le livre blanc des technologies du Québec*, *op. cit.*

89. La déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle. Voir <https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/>.



plateforme numérique pouvant servir de « coach énergétique », de façon à les aider à optimiser leur consommation. Or, on apprend que les données personnelles des clients de cette filiale seraient confiées à des sous-traitants (tels Amazon, Google, Microsoft et IBM) au Québec et en Ontario, contrairement aux données personnelles de ses clients actuels qui sont hébergées sur ses propres serveurs<sup>90</sup>. On peut légitimement se demander quelles sont les technologies numériques utilisées par la filiale Hilo et ses éventuels sous-traitants et si ces derniers doivent répondre à des critères ESG ?

D'autre part, lorsqu'Hydro-Québec cherche à réduire ses surplus en profitant du minage de cryptomonnaies (essentiellement le Bitcoin) sur le territoire du Québec, une industrie qui pourrait consommer jusqu'à 6 TWh selon les estimations soumises à la Régie de l'énergie<sup>91</sup>, on peut aussi se demander s'il s'agit là d'une pratique responsable. Même la Chine a récemment identifié le minage des bitcoins sur une liste préliminaire d'activités industrielles qu'elle cherche à limiter du fait qu'elles ne respectent pas les lois et réglementations en vigueur, qu'elles sont dangereuses et qu'elles gaspillent des ressources ou polluent l'environnement<sup>92</sup>. Au-delà des profits qu'elle peut en tirer, et des retombées que ces activités peuvent avoir en termes de création d'emplois et de revenus fiscaux pour les municipalités et le gouvernement, Hydro-Québec et les autres parties prenantes associées à une stratégie favorisant les « consommateurs d'électricité pour un usage cryptographique appliqué aux chaînes de blocs » devraient faire un examen de conscience de leurs objectifs stratégiques et, en bonifiant les conditions d'accès au programme par un certain nombre de conditions, dont ceux axés sur le respect des droits, viser à favoriser exclusivement les pratiques responsables.

### **Des valeurs économiques**

Le développement de plateformes numériques responsables québécoises devrait aussi avoir comme effet, évidemment, de produire des valeurs économiques, en répondant efficacement à une demande effective. Dans cette optique, il y a deux axes stratégiques sur lesquels il est important d'insister si l'on veut créer une dynamique gagnante : d'une part, l'importance de s'appuyer sur une vision commune des forces de l'écosystème numérique québécois et, d'autre part, l'importance de développer un consensus autour des domaines et des secteurs sur lesquels les plateformes devraient prioritairement miser.

En ce qui concerne le premier de ces deux axes, il nous apparaît assez clair qu'Hydro-Québec aurait ici un rôle non négligeable à jouer dans la mesure où elle a déjà deux programmes proactifs en faveur de deux éléments clés de l'écosystème numérique : les créneaux des centres de données et celui des chaînes de blocs. Les programmes d'Hydro-Québec de

---

90. Voir <https://www.journaldequebec.com/2020/01/07/hydro-quebec-confie-au-prive-les-donnees-des-clients-de-sa-filiale-hilo>.

91. Voir <https://www.lapresse.ca/affaires/economie/energie-et-ressources/201811/27/01-5205776-surplus-delec-tricite-hydro-laisse-filer-un-demi-milliard-de-revenus.php>

92. Voir <https://www.reuters.com/article/us-china-cryptocurrency/china-says-it-wants-to-eliminate-bitcoin-mining-idUSKCN1RL0C4>

tarifs privilégiés pour les centres de données et pour l'usage cryptographique appliqué aux chaînes de blocs visent, simultanément, à écouler ses gigantesques surplus hydroélectriques tout en créant de l'activité économique dans de nouvelles filières au Québec. Nous estimons que la mise en œuvre d'une stratégie québécoise en faveur de plateformes numériques responsables permettrait de consolider le développement de ces deux filières, en faisant en sorte de se renforcer mutuellement. Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce chapitre, la création d'emplois dans les fermes de minage se limite entre 1 et 3 emplois par MW alors que pour les centres de données à vocation élargie, où l'hébergement et le traitement de données sont aussi associés à d'autres activités périphériques, on estime les ratios d'emplois créés à 33 emplois totaux par MW (dont 25 emplois directs). Autrement dit, plus l'activité d'hébergement est accompagnée d'activités connexes, et plus les impacts sont importants.

Plusieurs éléments permettent de penser qu'une stratégie de plateformes responsables associées à des services liés aux chaînes de blocs serait profitable, à tout point de vue, pour Hydro-Québec et pour l'ensemble du Québec. Plutôt que d'être à la remorque d'activités hautement nuisibles telles que le minage de bitcoin, les retombées en termes d'investissements, d'emplois et de masse salariale dans les nouvelles activités générées pourraient être multipliées jusqu'à dix fois, puisqu'elles iraient bien au-delà de celles associées au seul minage<sup>93</sup>. Par exemple, grâce à la technologie des chaînes de blocs, une plateforme québécoise pourrait offrir un service avec des contrats intelligents pour des clients en Finlande, au Mexique ou au Vietnam, sans se préoccuper, dans chaque cas, de la conversion des devises utilisées puisque l'unité de compte utilisée serait un jeton et que son éventuelle conversion serait faite par le fournisseur de service local, par la gestion de son portefeuille virtuel de cryptomonnaie. Et cela est d'autant plus vrai avec la technologie sans fil 5G qui devrait être environ 20 fois plus rapide que le 4G, en raison des capacités supérieures des réseaux (ex. : voitures autonomes, télémédecine, Internet des objets).

Pour améliorer l'offre globale de services, les plateformes québécoises devraient chercher à favoriser les maillages entre les entreprises offrant des services de chaînes de blocs, les centres de données à vocation élargie offrant divers services de traitement de données, sans oublier les entreprises émergentes en intelligence artificielle qui visent, quant à elles, à offrir des solutions pour les entreprises des secteurs générant beaucoup de données. La formation

93. Actuellement, les projets choisis par H-Q sont ceux qui ont les plus grandes retombées. Les investissements, les emplois et la masse salariale dans les activités suivantes sont considérés :

- « • fabrication, assemblage, réparation ou distribution d'équipements liés à la cryptographie appliquée aux chaînes de blocs ;
- développement de logiciels ;
- implantation de centres de services ou de support informatique liés à la cryptographie appliquée aux chaînes de blocs ;
- activités de recherche et développement ;
- investissements dans des entreprises valorisant la chaleur utile produite par les activités liées à la cryptographie appliquée aux chaînes de blocs ».

Voir [http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/457/DocPrj/R-4045-2018-A-0103-Dec-Dec-2019\\_04\\_29.pdf](http://publicsde.regie-energie.qc.ca/projets/457/DocPrj/R-4045-2018-A-0103-Dec-Dec-2019_04_29.pdf).

récente de la grappe en intelligence artificielle (Grappe IA) montre en effet une grande convergence entre les composantes de l'écosystème numérique québécois. En cherchant à développer au Québec un pôle d'expertise international en intelligence artificielle responsable, avec en particulier la « supergrappe » SCALE.AI qui vise à valoriser les chaînes d'approvisionnement grâce à l'intelligence artificielle, le regroupement des acteurs de l'industrie vont dans le même sens que ce que nous appelons pour les plateformes numériques<sup>94</sup>.

Bien agencé, le maillage de ces composantes de services numériques pourrait conduire à des initiatives communes, mutuellement avantageuses :

- Une offre de services commune dans des industries ciblées générant traditionnellement beaucoup de données, comme celles du transport, de la logistique (notamment pour le domaine agroalimentaire) ou de l'énergie, permettrait de bonifier les impacts de chacun ;
- Les innovations en apprentissage profond de l'intelligence artificielle pourraient apporter des réponses nouvelles sur les faiblesses connues des chaînes de blocs (procédés cryptographiques, validation, protocole de consensus), en particulier pour les contrats intelligents ;
- En contrepartie, les grandes capacités de calcul des mineurs de chaînes de blocs<sup>95</sup> pourraient aussi être mises au service des organisations de l'intelligence artificielle, qui ont besoin d'une puissance de calcul considérable pour développer de nouvelles applications, menant ainsi à une plus grande efficacité (économique et énergétique) des deux segments ;
- Enfin, en supposant que chacune des parties prenantes adopte des politiques de responsabilité sociale et environnementale et que le Québec se dote d'une juridiction plus favorable à la protection des données personnelles, nous pourrions ainsi nous positionner comme l'un des pôles mondiaux de plateformes numériques responsables.

Toutes ces composantes de l'univers numérique peuvent interagir et se compléter pour construire un écosystème québécois qui serait foncièrement différent des modèles étasuniens et chinois. En faisant converger leurs offres de services sur un certain nombre de secteurs ciblés et en envisageant la possibilité de démarche collaborative, par exemple dans des pratiques de mutualisation des données et dans le respect des lois sur la protection des renseignements personnels, il serait possible de créer de nouvelles ouvertures en termes de fiduciaires de données par exemple. On peut penser que des appels à projets collaboratifs

---

94. Voir Comité d'orientation de la grappe en intelligence artificielle, *Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*, *op. cit.*

95. À titre d'exemple, un Antminer S9 (un ordinateur spécialisé dans le minage, produit par la firme chinoise Bitmain) exécute entre 13 000 et 14 500 milliards de calculs à la seconde.  
Voir <https://www.cpacanada.ca/fr/nouvelles/magazine-pivot/2019-01-08-bitcoin-quebec-bonne-mine>.

qui allieraient l'apprentissage profond de l'intelligence artificielle et la science des données appliqués aux chaînes de blocs pourraient faciliter ces démarches.

Parmi les secteurs ciblés, on pense aux activités du secteur du transport, tant pour la mobilité des personnes que pour la logistique des marchandises, aux multiples innovations des réseaux électriques intelligents, aux activités gouvernementales ainsi qu'au secteur de la santé. Les acteurs québécois de l'écosystème numérique ont pratiquement tous déjà identifié les activités du transport comme des domaines privilégiés d'interventions<sup>96</sup>. Les enjeux sont nombreux et les réponses à y apporter urgentes, ici comme ailleurs. Par exemple, pour le transport des personnes, le nouveau modèle de la mobilité en tant que service (mieux connue par l'acronyme anglais de MaaS, *Mobility as a Service*), qui se définit par un vaste choix de modes de transport, avec une disponibilité à la demande et des paiements à l'utilisation ou par abonnement, est par définition un modèle de plateforme numérique. Il peut inclure des services partagés (voiture, vélo, scooter)<sup>97</sup>, le covoiturage, le microtransit, mais aussi l'accès au transport collectif traditionnel dans la mesure où ces derniers sont associés à des plateformes de paiement universelles. Pour éviter que ces services se limitent aux seules grandes régions métropolitaines, on peut aussi envisager des projets de plateformes numériques de mobilité durable territoriale centrées sur les chaînes de blocs de manière à pouvoir répondre aux particularités et aux besoins de chaque territoire du point de vue d'une mobilité connectée, partagée, flexible et durable.

En ce qui touche le domaine des réseaux électriques intelligents, il faut reconnaître qu'il n'a pas encore été considéré comme un espace privilégié d'intervention par les acteurs de l'industrie au Québec en raison de la présence d'un réseau électrique centralisé efficace, propre et à bas prix. Mais cela est appelé à changer bientôt dans la foulée de la 2<sup>e</sup> grande vague d'électrification qui sera bientôt enclenchée au Québec. La création récente de la filiale Hilo, par Hydro-Québec, signale que ce virage est en marche. Cette filiale prévoit vendre aux clients d'Hydro-Québec des solutions intelligentes via une plateforme numérique pouvant servir de « coach énergétique » pour optimiser leur consommation. Nous estimons que des plateformes numériques responsables québécoises pourraient surfer sur cette prochaine vague pour développer une offre de services sur les divers domaines à haut potentiel de la transition énergétique : de la gestion de districts énergétiques sur la base de contrats intelligents jusqu'à l'offre d'analyse avancée (IA) de la gestion des données des villes intelligentes, il y a là un domaine privilégié pour le génie électrique québécois.

Enfin, en ce qui concerne les activités gouvernementales et les activités à impacts sociétaux, telles que la santé par exemple, nous avons déjà démontré dans les pages précédentes que

---

96. Alors que l'étude de KPMG réalisée dans le cadre de l'étude de la Régie de l'énergie sur les chaînes de blocs mentionne que les chaînes d'approvisionnement, le transport et la logistique seraient parmi les secteurs privilégiés de cette technologie au Québec, les acteurs en intelligence artificielle identifient la santé, le transport et la logistique comme les plus susceptibles d'avoir recours aux applications en intelligence artificielle.

97. Selon une étude réalisée sur les utilisateurs de Car2go, le service d'autopartage permettrait de retirer de 7 à 11 véhicules de la circulation pour chaque véhicule offert par le service. Voir *The Impacts of Car2go, An Analysis on five North American City*. Voir [http://innovativemobility.org/wp-content/uploads/2016/07/Impactsofcar2go\\_FiveCities\\_2016.pdf](http://innovativemobility.org/wp-content/uploads/2016/07/Impactsofcar2go_FiveCities_2016.pdf).

la technologie des registres distribués offre de nouveaux outils aux organisations d'intérêt général ou collectif pour remplir leur mission ou pour améliorer la manière d'y parvenir. C'est d'ailleurs l'une des principales conclusions de l'enquête réalisée auprès de plus d'une centaine d'organisations utilisant la technologie des chaînes de blocs dans le cadre de leur mission de services à impact social<sup>98</sup>, puisque 51,9 % d'entre elles affirmait que cette nouvelle technologie était essentielle pour résoudre les problèmes qu'elles rencontraient. C'est un constat similaire qui est tiré par le Centre de recherches pour le développement international (CRDI) qui affirme que la technologie des chaînes de blocs pourrait avoir une contribution majeure afin de combler les écarts de développement, en favorisant l'inclusion sociale et en promouvant davantage de gouvernance démocratique dans les pays en développement<sup>99</sup>.

### 2.2.2 *Le potentiel pour la sphère de l'économie sociale et solidaire*

Dans le premier chapitre, nous avons signalé les liens entre les promoteurs initiaux de la technologie des chaînes de blocs et l'idéologie libertarienne. Cette technologie sert bien, en effet, les partisans d'une défiance envers l'autorité publique, faisant la promotion des réseaux décentralisés en opposition aux institutions centralisées jugées comme des dangers pour les libertés individuelles. D'une certaine manière, on peut faire un rapprochement avec les origines de l'économie sociale et solidaire. Au cours de leur histoire, des premières expériences de sociétés de secours mutuels au milieu du 19<sup>e</sup> siècle jusqu'à celles inspirées par le corporatisme social et la doctrine sociale de l'Église dans la première moitié du 20<sup>e</sup> siècle, les initiatives d'économie sociale se sont constituées essentiellement en opposition aux pouvoirs institués, favorisant des démarches d'autonomie collective en opposition à l'État et aux marchés. Mais là s'arrête la comparaison. L'économie sociale et solidaire (ESS) contemporaine représente une rupture importante dans ce cheminement de défiance puisque, au contraire des cryptolibertariens actuels, l'antiétatisme des débuts de l'ESS a fait place à une volonté de concertation avec tous les acteurs de la vie économique actuelle, y compris par le biais d'activités marchandes lorsque cela s'avère nécessaire<sup>100</sup>. Ce faisant, l'ESS a développé, plus que tout autre acteur économique, des compétences lui permettant d'agir avec efficacité dans des situations économiques complexes où se côtoie une diversité de mode de coordination (l'économie plurielle). Et cela est d'autant plus vrai dans la mesure où ces organisations partagent des missions d'intérêts collectifs, voire de bien commun, tout en étant autonomes par rapport à l'autorité publique.

En raison de sa capacité à bien maîtriser la diversité des règles de coordination de l'activité économique contemporaine – à la confluence des économies marchande, publique et

98. Stanford Graduate School for Business, Blockchain for Social Impact 2019, Center for Social Innovation, 37 pages.

99. CRDI, *Chaîne de blocs: Libérer le potentiel révolutionnaire de la technologie des chaînes de blocs pour le développement humain*, LIVRE BLANC, 2017.

100. Benoît Lévesque, *Un siècle et demi d'économie sociale au Québec: plusieurs configurations en présence (1850-2007)*, CRISES, no ET0703.

associative – l’ESS contemporaine est bien mieux adaptée aux divers enjeux associés aux plateformes numériques responsables que peuvent l’être les cryptolibertariens du « peer-to-peer », qui ouvrent la porte bien grande aux comportements les plus nuisibles de l’hypercapitalisme<sup>101</sup>. Car il faut le répéter, les défis sociétaux liés au développement de nouvelles formes d’entreprises numériques centralisées qui se réclament de l’économie collaborative sont majeurs : stratégies de contournement des cadres fiscaux et réglementaires, précarisation des travailleurs, impacts sociaux et environnementaux négatifs pour les structures locales et les services de transport collectif. À l’opposé, des plateformes numériques responsables ouvrent la porte à des formes de coordination décentralisées de pluralité d’acteurs, favorisant la création de véritables formes de solidarité et de partage, organisées en fonction de mission sociale visant le bien-être collectif dans le cadre d’une mutualisation de ressources et en adoptant des structures de propriété collective<sup>102</sup>.

Autrement dit, là où les plateformes numériques centralisées participent à externaliser à l’extrême les étapes de production de services, en développant des espaces de déréglementation, participant ainsi à désencastrer les entreprises des systèmes nationaux de réglementation, les plateformes décentralisées, de type coopérative<sup>103</sup>, ont la capacité de réencastrer ces services dans les écosystèmes nationaux. D’ailleurs, parmi les exemples les plus intéressants d’initiatives autour de la technologie des chaînes de bloc que nous avons signalés dans le chapitre précédent, on trouve de nombreuses expériences issues de l’économie sociale et solidaire. Ainsi, qu’il s’agisse de la coopérative québécoise Eva, des nombreuses plateformes de chaînes de blocs répertoriées par le Center for Social Innovation<sup>104</sup>, ou des initiatives de niveau mondial telles que l’Energy Web Foundation, ces projets bousculent non seulement les comportements prédateurs des grandes plateformes centralisées, mais également l’archétype même d’un paradigme économique en crise, soit celui des entreprises privées rivées sur la seule maximisation des profits, qui ne tiennent aucunement compte des impacts de leurs activités sur la société. On peut considérer, comme le suggère un leader français de l’ESS<sup>105</sup>, que les plateformes coopératives décentralisées représentent une innovation de rupture qui pourrait remettre en cause le modèle d’affaires des plateformes centralisées, où leurs capitalisations gigantesques s’appuient sur l’espoir de rentes monopolistiques dans le futur.

En ce sens, nous estimons qu’il serait donc tout à fait approprié d’appuyer la création d’un consortium public-ESS qui encouragerait spécifiquement les entrepreneurs collectifs québécois à s’engager dans le créneau des services axés sur les chaînes de blocs. En développant des projets tournés vers des applications ou vers des services de registre partagés et de

101. À noter que le créateur d’Amazon est un partisan notoire de cette idéologie.

102. Chantier de l’économie sociale, *Pour une véritable économie collaborative*, mémoire présenté dans le cadre de la consultation publique du Groupe de travail sur l’économie collaborative (GTEC), avril 2018.

103. On peut définir les plateformes coopératives comme des « plateformes qui adhèrent aux principes coopératifs et où la propriété (de la plateforme, pas nécessairement des actifs productifs) et la gouvernance sont distribuées aux utilisateurs. » Extrait tiré de Laurent Levesque, avec la collaboration de Stéphanie Guico et Antoine Roy-Larouche, *Plateformes coopératives : Initiatives globales et perspectives québécoises*, novembre 2016.

104. Stanford Graduate School for Business, *Blockchain for Social Impact 2019*, *op. cit.*

105. Hugues Sibille, *Green Deal européen : l’ESS dans la bataille de la transition*, <https://www.alternatives-economiques.fr/green-deal-europeen-less-bataille-de-transition/00091262>.

contrats intelligents autour des créneaux de la transition énergétique (mobilité<sup>106</sup>, énergie) et d'activités d'intérêt public (p. ex. la santé), ces entreprises pourraient faire valoir les affinités existant entre cette forme d'économie alternative (avec les valeurs et les pratiques de solidarité et de partage qui les animent) et les possibilités offertes par la technologie des plateformes numériques.

Dans le domaine stratégique de l'agroalimentaire, une plateforme de vente faciliterait le maillage entre l'offre de produits agricoles de commodité et des entreprises de transformation, tout en intégrant des aspects de traçabilité. De telles plateformes ont déjà été développées<sup>107</sup> et sont utilisées en particulier dans les grains et céréales où les transactions se basent traditionnellement sur les prix fixés par les marchés à terme. L'intérêt que portent les consommateurs dans l'identification de la provenance des aliments n'est pas négligeable et la technologie peut servir cette fin<sup>108</sup>. Certains produits identifiés «Aliments du Québec» pourraient être mis en valeur par une telle démarche, en plus d'améliorer l'efficacité dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Cette identification des aliments s'avèrerait particulièrement bénéfique pour certains secteurs, comme dans les pêcheries, où la fraude alimentaire est fréquente à tous les maillons de la chaîne de valeur<sup>109</sup>. L'important flux de marchandises géré par les grandes entreprises de l'industrie agroalimentaire a d'ailleurs mené un certain nombre d'entre elles à adopter la technologie. Des géants tels Tyson Foods, Nestlé, Unilever Kroger, et Walmart, ont ainsi adopté les protocoles basés sur l'offre de services Food Trust d'IBM, laquelle utilise les chaînes de blocs. Bien qu'elle ne soit pas la seule technologie assurant la traçabilité, la chaîne de blocs peut notamment permettre à tous les acteurs d'une filière de retracer l'origine d'un aliment contaminé<sup>110</sup>. Si Agri-traçabilité développe actuellement un projet pilote avec Bœuf Québec (la Société des parcs d'engraissement du Québec)<sup>111</sup>, d'autres projets pourraient voir le jour par l'intermédiaire d'Aliments du Québec tandis que l'identification des fermes mettrait encore davantage en valeur les produits alimentaires arborant le logo de l'organisme de certification.

---

106. L'aile jeunesse du Chantier de l'économie sociale a par exemple organisé un après-midi d'échange pour faire un état des lieux de la situation, de découvrir des projets inspirants de plateformes numériques en économie sociale dans le secteur de la mobilité, mais aussi d'entendre les perspectives d'acteurs de différents milieux sur le sujet.

107. Voir l'initiative GrainChain. Celle-ci comprenait près de 1500 participants qui avaient opéré environ 85 000 transactions en date du 20 février 2020 (<https://www.grainchain.io/>). Les transactions étant effectuées par la plateforme, cette dernière diminue les coûts de transfert de la marchandise.

108. Il semble que ce fut là un des effets observés dans la mise en place d'un tel système de traçabilité dans le secteur de la volaille en France. Le client de la chaîne Carrefour est en mesure de refaire la genèse de la poitrine du poulet achetée, de l'œuf (ou la poule?), à l'abattage et au transport, observant aussi que le cahier des charges de Carrefour en matière d'utilisation d'antibiotique fut respecté. <https://www.numerama.com/tech/333914-carrefour-et-le-poulet-blockchain-et-si-le-groupe-avait-pris-une-longueur-davance-sur-la-tracabilite.html>.

109. Voir [https://oceana.ca/sites/default/files/oceana\\_canada\\_annual\\_report\\_2018-2019.pdf](https://oceana.ca/sites/default/files/oceana_canada_annual_report_2018-2019.pdf).

110. Cela permet d'éviter les rappels massifs d'aliments comme l'épisode de 2006 où des épinards contaminés en provenance d'une seule ferme avaient contraint l'industrie agroalimentaire à employer des mesures de mitigation intégrales pour toute l'offre d'épinard.

111. Le choix du bœuf dans le projet pilote d'Agri-traçabilité Québec n'est pas anodin. Les producteurs bovins, dans leur tentative d'instaurer des mesures de traçabilité se sont régulièrement butés aux pratiques des industries d'aval (abattage et systèmes centralisés des grandes chaînes de supermarché) par lesquelles la viande bovine du Québec, une fois abattue dans des installations ontariennes, se fondait avec celle d'ailleurs, sans que le consommateur final puisse en identifier la provenance.

Ce type de projets serait à même de répondre, mieux que tout autre, aux enjeux de responsabilité sociale et environnementale abordés précédemment. En étant gérées localement par et pour les communautés desservies, notamment dans le cadre de systèmes agroalimentaires territorialisés, ces plateformes seraient plus respectueuses de l'ensemble des acteurs qui participent à leur développement. Elles seraient aussi davantage portées à protéger les données personnelles de leurs utilisateurs, n'étant pas elles-mêmes soumises à la loi d'airain du profit maximal qui débouche trop souvent sur des comportements prédateurs.

Issues de démarches collectives, ces entreprises sont en effet plus à même d'adopter des démarches collaboratives dans la gestion des données. Pour souligner cet avantage, on peut prendre comme exemple l'OBNL SYNAPSE C (anciennement le Pôle sur les données massives en culture), qui est la première organisation à avoir développé une expertise collective en valorisation de données pour les arts et la culture au Québec. En misant sur la mutualisation et l'exploitation collective de données, le transfert de connaissances et la recherche partenariale, cette entreprise collective a permis au secteur culturel de se doter d'un instrument unique d'intelligence collective et de développement des affaires<sup>112</sup>.

Outre les domaines de la mobilité et de l'énergie, nous estimons que le développement de plateformes coopératives de services liées aux chaînes de bloc pourrait par ailleurs apporter des solutions pertinentes aux secteurs de la santé et de l'agriculture, étant donné qu'il s'agit là d'activités où les valeurs et les pratiques de solidarité et de coopération sont particulièrement présentes, ici comme partout ailleurs dans le monde. Nous verrons dans le prochain chapitre les conditions qu'il faudrait mettre en place, en particulier sur le plan du soutien technique et financier, pour appuyer le développement de ces plateformes coopératives.

### *2.2.3 Un enjeu particulier: l'identité numérique*

Pour clore ce chapitre, il semble pertinent d'aborder l'enjeu de l'identité numérique, c'est-à-dire la capacité de certifier l'authenticité de l'identité d'un intervenant dans une transaction numérique et les risques d'usurpation de cette identité, notamment les bris de confidentialité des données personnelles, et du rôle que la technologie des chaînes de bloc pourrait y jouer pour le résoudre. Grâce à cet enjeu particulièrement sensible, nous pouvons ainsi aborder le rôle de l'État dans la mise en œuvre d'une stratégie commune de protection des données personnelles et de soutien à des projets fédérateurs pour les acteurs de l'écosystème numérique. D'autant plus qu'à l'automne dernier, on apprenait que le ministre délégué à la Transformation numérique gouvernementale, Éric Caire envisageait de créer une identité numérique pour tous les citoyens québécois d'ici 2021. Nous pensons qu'il est urgent d'aller dans cette direction, mais pas n'importe comment et pas avec n'importe qui.

---

112. Synapse C s'est vu confier l'accès aux données du milieu culturel à des fins de recherche et d'analyse et en garantit un examen diligent, neutre et sécuritaire. Dans le respect de la loi sur la protection des renseignements personnels et de préoccupation éthique, l'entreprise croise les données avec une anonymisation permettant ainsi une mise en commun sécuritaire, assurant un respect de la confidentialité des informations partagées. Voir <https://synapsec.ca/>.



L'an dernier, lors du vol massif de données personnelles des membres de Desjardins, la solution d'une identité numérique des citoyens comme moyen de protection technologique pouvant servir de rempart contre la fraude a refait surface au Québec et au Canada<sup>113</sup>. Mais bien avant le scandale de cette fraude gigantesque, l'Association des banquiers canadiens (ABC) avait déjà publié au printemps 2018 un livre blanc intitulé « Approche fédérée pour un système d'identités numériques au Canada » qui appelait à adopter « un système de gestion des identités numériques fédéré » qui, selon elle, permettrait de « rehausser grandement le niveau de protection des données personnelles ». Selon l'association des banquiers, un tel système pourrait être développé « en collaboration avec les éléments les plus brillants et les plus talentueux dans les banques (!!!), les entreprises de télécommunication, les forces de l'ordre et le gouvernement<sup>114</sup> ». Lorsque l'on connaît les liens singulièrement incestueux entre le gouvernement fédéral et l'oligopole du système bancaire canadien, ainsi que leurs multiples tentatives de s'ingérer dans les compétences de juridiction québécoises, il y a tout lieu de s'inquiéter de cette initiative du lobby financier. En fait, il est tout simplement inconcevable qu'un tel outil d'identité numérique soit associé, de près ou de loin, aux institutions financières.

Nous estimons, au contraire, qu'une démarche fructueuse en matière d'identité numérique devrait passer par une implication rapide et mesurée du gouvernement du Québec, de manière à s'assurer qu'aucun lobby ne soit associé à un tel registre. À cet effet, le ministre délégué à la Transformation numérique gouvernementale pourrait s'inspirer des propositions du groupe de réflexion français Terra Nova<sup>115</sup>. Pour ce dernier, l'identité numérique est définitivement devenue un actif clé, tant pour la souveraineté des États et des individus que pour leur développement économique. Dans la foulée des initiatives qui sont apparues ailleurs en Europe, en particulier en Estonie, Terra Nova a proposé pour la France un effort de rapprochement décentralisé de bases de données publiques, en commençant avec des projets pilotes locaux et des expérimentations de solutions plus globales, avant d'envisager un déploiement plus général d'une identité numérique universelle, fondée sur les chaînes de blocs, pour tous les Français.

---

113. Voir <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1220737/protection-donnees-personnelles-initiatives-provinces-canada-quebec-projet-loi-14>.

114. Voir <https://www.conseiller.ca/nouvelles/industrie/a-quand-un-systeme-national-didentite-numerique/>. Cela a débouché sur la création de l'application Vérifiez.Moi, qui utilise la technologie des chaînes de blocs. Elle regroupe la Banque Nationale, la Banque Scotia, BMO, CIBC, Desjardins, RBC et TD. Voir <https://www.lesoleil.com/affaires/une-app-pour-gerer-lidentite-numerique-ecad3fe49a1782ed298afeafaba2d1fe>.

115. Voir <http://tnova.fr/notes/l-identite-numerique-un-usage-de-la-blockchain-au-profit-du-citoyen>.

### Encadré 1. Le cas de l'Estonie

Depuis le début des années 2000, l'Estonie est devenue un laboratoire pour la mise en œuvre d'une identité numérique avec la création d'un protocole d'identification reposant sur une carte d'identité numérique et des applications mobiles, adoptée par près de 98 % des citoyens et utilisée sur une base régulière par 91 % d'entre eux. Avec cette carte les Estoniens peuvent approuver des documents officiels et avoir accès à plus de 2000 services en ligne, dont plusieurs services publics (accès au dossier médical, remplir leur déclaration d'impôt, voter en ligne, etc.). L'application mobile, Smart-ID, est disponible pour les Estoniens qui préféreraient utiliser leur téléphone intelligent plutôt que leur carte à puce. Depuis novembre 2018, l'application est également reconnue au même titre qu'une signature légale partout au sein de l'Union européenne. Il faut préciser que le modèle estonien d'identité numérique ne repose pas sur une base de données centralisée, mais sur un registre distribué fondé sur la technologie des chaînes de blocs : au moment des requêtes, la transmission de données s'effectue de façon transparente, infalsifiable et sécurisée entre les différentes bases de données, publiques et privées, grâce à une clé publique et une clé privée<sup>116</sup>.

La recommandation de Terra Nova repose sur le constat que la technologie des chaînes de blocs offre aujourd'hui la possibilité de surmonter la contradiction entre la protection des données personnelles et les risques soulevés par les nouvelles technologies numériques. Cette technologie, soulignent-ils, peut en effet se révéler incontournable pour aider les citoyens à garder le contrôle de leurs données, un facteur clé dans l'acceptation et l'adoption de systèmes d'identités numériques nationaux sécuritaires. En tant que registre distribué de certification, la chaîne de blocs peut en effet servir à construire un système d'identification numérique sans avoir à confier à l'État la gestion et la conservation d'un gigantesque registre numérique des citoyens, avec les risques associés de contrôle abusif. Au contraire, son usage donne la possibilité, selon les choix technologiques qui sont faits, d'entraîner une responsabilisation accrue des citoyens grâce à une clé privée qui, en toutes circonstances, rend l'accès aux données personnelles impossible sans son accord. En contrepartie, les citoyens ont cependant la responsabilité de sécuriser en tout temps leur clé privée<sup>117</sup>.

Or, s'il y a bien un enjeu qui, ces dernières années, s'est révélé particulièrement sensible, c'est bien celui des données personnelles : selon un sondage récent, huit Canadiens sur dix voient leur identité comme l'un de leurs biens les plus précieux<sup>118</sup>. Après plus de 4 mil-

116. Voir Terra Nova, note de bas de page précédente, ainsi que <https://e-estonia.com/solutions/e-identity/>.

117. Selon Carole Sierpien, une experte en sécurité informatique consultée, les méthodes actuellement disponibles pour sécuriser les clés privées ne sont pas entièrement satisfaisantes. Le rapport de Terra Nova mentionne que les détenteurs de cryptomonnaie ont souvent recours à des méthodes trop simples pour sécuriser leur clé, comme la conservation de feuilles de papier dans un coffre-fort. Mais justement, les nombreux exemples de piratage de portefeuilles Bitcoin montrent bien qu'en définitive cette plateforme est moins sécuritaire que toute banque en ligne. Pour parer à cette lacune, les auteurs du rapport de Terra Nova sont d'avis que les moyens de sécuriser les clés privées soient supportés par la puissance publique.

118. Voir <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/huit-canadiens-sur-dix-voient-leur-identite-comme-l-un-de-leurs-biens-les-plus-precieux-858562023.html>

lions de membres de Desjardins, 6 millions de clients canadiens de Capital One, 143 millions de client d'Equifax, dont 19 000 Canadiens, et 37 000 dossiers de consommateurs de TransUnion, il y a tout lieu d'être inquiet de la protection de nos données par les institutions financières.

Le président et chef de la direction de Desjardins, Guy Cormier, a décidé de former un groupe de travail avec le mandat de réunir des universitaires et des experts chargés de trouver les meilleures pratiques à adopter. « On doit viser collectivement, comme objectif ultime, à se donner une véritable identité numérique au Québec et au Canada, comme l'ont fait certains pays qui ont 20 ans d'avance sur nous sur cette question<sup>119</sup> » a déclaré M. Cormier. Dans cette optique, nous estimons que le gouvernement du Québec devrait appuyer cette initiative de Desjardins vers un projet d'identité numérique en s'assurant que lui-même et Desjardins se cantonnent dans une position de facilitateurs, que le groupe de travail soit représentatif de la société québécoise et qu'il adopte une autonomie totale sur sa démarche. Idéalement, si la mise en œuvre de ce système d'identité numérique devait être du ressort de l'État, il nous apparaît plus que préférable que le cœur du registre décentralisé de certification soit l'œuvre d'un OBNL, auquel pourraient être associées les meilleures entreprises de l'écosystème numérique québécois, pour étendre les services numériques le plus largement possible.

Dans cette optique, l'avis d'appel d'intérêt sur l'identité numérique lancé à l'automne par le Secrétariat du Conseil du trésor (SCT)<sup>120</sup>, à la demande du ministre délégué à la transformation numérique gouvernementale, apparaît prématuré. Bien que cet avis ne représente pas un appel d'offres, puisqu'il vise plutôt à « confirmer l'intérêt et la capacité du marché à répondre aux besoins [du gouvernement] dans le domaine des technologies de l'information, et plus particulièrement en matière d'identité numérique », il n'en constitue pas moins le résultat d'une démarche bureaucratique inappropriée pour l'objet en cause. Néanmoins, l'objectif visé par le SCT (mieux connaître les capacités et le potentiel de l'industrie québécoise pour répondre à ces besoins) reste en soi utile et dans la mesure où les solutions proposées sont rendues publiques, cela pourrait permettre d'alimenter judicieusement la réflexion publique sur la suite des choses.

Rappelons qu'en Estonie, les premiers services numériques qui ont été rendus aux citoyens l'ont été pour le paiement des impôts, un peu à la manière de CliquSecur au Québec, c'est-à-dire d'un service public auquel ont pu être associées des institutions financières participantes. C'est plus tard, avec la numérisation progressive de plus en plus de services que les pouvoirs publics ont pu généraliser un service d'identité numérique à tous les citoyens du pays par le biais d'un numéro d'identification unique associé à une carte d'identité électronique, seul document d'identité obligatoire pour les citoyens. L'identité numérique s'accompagne d'une clé publique d'identification utilisable par toute entité, publique ou

---

119. Voir <https://www.lavoixdelest.ca/actualites/le-fil-groupe-capitales-medias/protection-des-donnees-desjardins-fait-appel-aux-experts-880e580ae66016928bce7a7a2902feef>

120. Document d'appel d'intérêt, SCT-AI-20191104.

privée, proposant un service numérique à destination des citoyens estoniens. Les entreprises peuvent utiliser ce service d'identification sécurisé moyennant une redevance reversée à l'État. En 2007, la carte d'identité électronique a été complétée avec le « Mobile-ID » assurant l'identification et la signature électronique de document et par la « Smart-ID », une application de téléphone intelligent. Il faut préciser que si la démarche est publique, cela ne veut pas signifier que l'État estonien a ainsi mis la main sur une base de données personnelles centralisée de tous ses citoyens puisque le service d'enregistrement et d'authentification des données est décentralisé grâce à la technologie des chaînes de blocs. La démarche de l'Estonie ne comprend pas de technologie biométrique (contrôle d'empreintes, par exemple) pour l'accès à la carte.

Par ailleurs, une démarche québécoise d'identité numérique devrait nécessairement tenir compte de ce qui se fait sur le plan fédéral. Il serait de prime abord important que des documents aussi cruciaux que le passeport et que le numéro d'assurance sociale, tous deux de compétence fédérale, soient intégrés à une telle démarche et que le nouveau système d'identité et de signatures numériques soit reconnu ailleurs au Canada et, préférablement, par ses principaux partenaires. À cet égard, l'approche adoptée devrait donc reposer sur la priorité accordée à une régulation québécoise qui viserait à ce que les normes adoptées soient harmonisées et mutuellement reconnues par nos partenaires.

### **Les conditions à mettre en place pour un modèle québécois de plateforme**

En considérant la multiplicité des enjeux qui ont été abordés dans les chapitres précédents, il apparaît judicieux de reconnaître le rôle primordial que devra jouer l'État québécois pour mettre en place les conditions de réalisation d'un modèle de plateforme numérique responsable centré sur la technologie des chaînes de blocs. Ne serait-ce que pour faire échec aux approches du lobby financier canadien, qui cherche à imposer de fait un modèle d'affaires centralisé qui lui permettrait d'en garder la gouvernance, sinon le contrôle exclusif, la souveraineté numérique du Québec exige la mise en place des conditions non seulement à une protection, mais à un contrôle effectif des données personnelles par les populations concernées. En ce sens, la technologie des registres distribués de certification donne la possibilité de s'engager vers une responsabilisation accrue des citoyens grâce à une identité numérique qui leur permettra de garantir la sécurité de leurs données sur ces plateformes, ici et ailleurs.

Il faut cependant reconnaître que, si l'on fait exception d'un petit pays pionnier comme l'Estonie, dix ans après l'apparition du bitcoin, la technologie des chaînes de blocs n'a pas encore trouvé dans le grand public un usage commun qui aurait permis d'en faire un apprentissage massif pour en éprouver les limites. Même si on considère le nombre impressionnant de projets qui émergent dans le monde entier, la technologie est loin d'avoir atteint sa maturité et les écueils sur sa route ne manqueront sûrement pas pour remettre en question certains de ses attraits. C'est la raison pour laquelle la proposition de positionner le Québec comme l'un des principaux pôles de plateformes de chaînes de blocs «écologiquement et socialement responsables» exige d'aller de l'avant avec quelques projets clés de plateformes soutenus par le gouvernement et de procéder rapidement à un travail en profondeur d'adaptation et de mise en forme de la réglementation dans les domaines de la fiscalité et du droit, avec des efforts importants à déployer du côté des programmes de soutien à la R&D et à la formation pour être en mesure de répondre aux nouveaux besoins des divers créneaux d'activités que recouvreront ces plateformes. Cependant, ces efforts doivent d'abord être précédés par l'urgente nécessité de créer une expertise publique dans ce domaine.

#### **3.1 Créer une expertise publique**

La plupart des grands pays ont d'ores et déjà affiché un intérêt marqué pour la technologie des chaînes de blocs<sup>121</sup>. Dans certains pays comme la Suisse, l'Estonie ou Dubaï, des stratégies nationales spécifiques ont vu le jour concernant l'attractivité du pays à l'égard des startups ou pour le développement de services publics. Il serait imprudent de ne pas prendre dès aujourd'hui cette technologie au sérieux puisqu'une fois passée la phase initiale de mise

---

121. France Stratégie, *Les enjeux des blockchains*, op. cit.

en œuvre, elle est susceptible de bouleverser les échanges. Avec une volonté clairement exprimée de contribuer à l'émergence d'un écosystème de l'économie numérique caractérisé par une « biodiversité entrepreneuriale » et par un modèle d'affaires respectant les critères de responsabilité environnementale, sociale et de gouvernance (ESG), il conviendrait d'instituer à l'intérieur de l'État un groupe qui sera en mesure d'apporter des réponses coordonnées et équilibrées aux questions réglementaires soulevées par la technologie des chaînes de blocs.

Dans cette optique, la création d'un organisme de suivi permanent (une cellule stratégique de fonctionnaires) qui regrouperait les agents publics associés aux divers volets de la stratégie industrielle et de la stratégie de recherche-innovation dans le domaine du numérique serait à considérer, avec le mandat spécifique de voir à la coordination de la stratégie d'ensemble en faveur de plateformes responsables offrant des services de chaînes de blocs. Sur la base des connaissances appropriées et des expertises diversifiées qu'elle devrait préalablement acquérir, cette cellule serait en appui à la formulation des politiques publiques et des services de soutien aux divers segments associés. Elle pourrait apporter les premières propositions de réponses aux questions réglementaires soulevées par les chaînes de blocs en matière de fiscalité, de droit, de lutte contre le blanchiment et de traitement comptable, en disposant de tout l'appui technique nécessaire à un tel travail.

Dans l'optique qui est la nôtre, cette cellule devrait avoir pour mission de 1) s'assurer d'une veille stratégique sur les développements de la technologie des chaînes de blocs, quitte à conduire des travaux de recherche pour développer l'expertise interne, 2) former les acteurs publics (hauts fonctionnaires et élus) aux divers enjeux et au potentiel de la technologie, 3) s'associer aux ressources compétentes pour valider les applications de chaînes de blocs pouvant jouer un rôle dans les missions de l'État et 4) de contribuer à faire avancer les autres propositions qui suivent dans ce chapitre au sein de l'appareil public. Au-delà de ces diverses propositions, et bien qu'elles ne soient pas traitées directement dans cette note, il va sans dire que la cellule de fonctionnaires devra également veiller à la poursuite du développement des infrastructures publiques et privées du numérique. Par infrastructures nous entendons autant les infrastructures de réseaux et les infrastructures logicielles liées à l'univers numérique que les infrastructures de calculs plus spécifiquement associées aux chaînes de blocs et à l'intelligence artificielle.

### **3.2 Identifier les domaines à privilégier**

Nous avons amplement expliqué dans le chapitre précédent pourquoi il serait préférable de viser le développement de quelques créneaux privilégiés pour lesquels le Québec pourrait avoir l'ambition de se positionner parmi l'un des pôles mondiaux. Il reste néanmoins plusieurs scénarios envisageables sur les créneaux de services à privilégier et sur les stratégies à adopter pour en favoriser le développement. D'autant plus que, comme l'a montré le livre blanc produit par l'IGN, pratiquement tout reste à faire. Formulé autrement, on peut dire

que, étant donné la diversité et le potentiel de l'écosystème en émergence au Québec, tout est en place pour le développement d'une filière riche d'emplois et de promesses dans la mesure où des projets structurants sont rapidement mis en œuvre pour donner à l'industrie québécoise une envergure qui ne la mettrait pas nécessairement en compétition avec leur contrepartie en Ontario et en Colombie-Britannique, mais qui s'ouvrirait sur le monde. Sans négliger pour autant les infrastructures dont il a été fait mention précédemment, nous estimons qu'il faudrait mener de front quelques projets structurants autour de domaines à haut potentiel.

En collaboration avec les principaux intervenants de l'écosystème du numérique, le gouvernement devrait circonscrire les éléments sur lesquels les plateformes numériques québécoises liées aux chaînes de blocs devraient avoir le plus d'impacts. Les impacts attendus sont de divers ordres :

- Des effets de spécialisation pour l'industrie des services de chaîne de blocs : par exemple pour les services de certification et les contrats intelligents ;
- Des effets d'entraînement pour les technologies associées à l'écosystème numérique : les apports de la cryptographie, des centres de données, de l'intelligence artificielle ;
- Des effets de valeur ajoutée pour les activités économiques couvertes : en particulier dans les secteurs de la santé, de l'agroalimentaire, de l'énergie, du transport et de la logistique ;
- Des impacts environnementaux en amont : des plateformes pour certifier les émissions de carbone ;
- Des impacts environnementaux en aval : des services offerts à l'économie du partage<sup>122</sup> (en particulier sur la mobilité durable), les microréseaux énergétiques, etc. ;
- Des impacts sociaux : les services publics, les services d'utilité sociale, les systèmes d'identité numérique ou toutes autres formes de certifications (enregistrement, provenance, certificats, etc.).

Ces domaines d'excellence devraient être explicitement identifiés dans les stratégies et les programmes d'aide gouvernementaux. Ce volontarisme en faveur de certains domaines ne viserait pas tant à exclure le soutien à des applications dans d'autres domaines, qui pourraient être appuyées au mérite, mais à inciter les entrepreneurs à s'inscrire dans une dynamique de développement de créneaux d'excellence. En favorisant une diversité de projets particuliers au sein de chacun des créneaux et une interaction entre eux, de manière à ce qu'ils se renforcent mutuellement par leurs innovations, il serait possible de construire

---

122. Usage commun de biens pour maximiser leur utilisation et limiter leur production, par exemple : La Remise, bibliothèque d'outils ou LocoMotion, partage de véhicules.

des pôles compétitifs de classe mondiale. Précédemment nous avons identifié les secteurs des services publics aux citoyens, de la santé, de l'énergie, du transport et de la logistique comme étant les principales activités autour desquels peuvent utilement se rejoindre les intervenants de l'écosystème numérique. Il faudrait donc confirmer ces hypothèses et préciser l'étendue des champs d'action.

Pour renforcer cette dynamique, on peut envisager la création d'une table de concertation regroupant les divers intervenants de la technologie des chaînes de blocs pour développer et renforcer des consensus sur les forces à développer et les faiblesses à résoudre. À la manière de l'Observatoire-forum sur les chaînes de blocs du Parlement européen, dont nous avons parlé au chapitre 1, on pourrait lui donner pour mission, entre autres choses, de mettre en lumière les grandes évolutions de la technique des chaînes de blocs et d'encourager les acteurs du secteur à se doter d'une vision commune de développement. On peut aussi imaginer la création, au besoin, de consortium public-privé (incluant des organisations de l'économie sociale) autour d'enjeux spécifiques, ou de projets fédérateurs, qui exigent des solutions collectives.

Dans cette optique, il faudrait rapidement lancer des appels à projets structurants, possiblement avec des partenaires tels que SCALE.AI, Transition énergétique Québec et d'autres organismes publics ou privés, pour les projets fédérateurs. Parmi ces projets, celui d'une identité numérique pour l'ensemble de la population québécoise, qui aurait l'avantage de répondre à une préoccupation majeure de la population après le tragique épisode de vol de données chez Desjardins, mais aussi d'être utile à l'ensemble de l'économie numérique, devrait être la « priorité numéro un » du gouvernement. Le projet de registre distribué qui aurait la mission de certifier l'intensité carbone d'un panier d'exportations de produits québécois « vert » devrait également être priorisé. D'autres appels à projets devraient par ailleurs viser à structurer les interactions entre les technologies associées à l'écosystème numérique (p. ex. un projet de registre pour la traçabilité de biens à l'intérieur des réseaux logistiques du secteur public ou un projet de centre de partage de capacités de calcul entre les entreprises de minage et les organisations qui ont besoin de puissance de calcul considérable pour développer de nouvelles applications).

### **3.3 Réglementation, fiscalité, droit et enjeux de gouvernance**

Pour certains adeptes de cryptomonnaies, la régulation serait l'ennemi juré de l'innovation, voire l'ennemie à abattre. Mais pour la grande majorité des promoteurs de la technologie sous-jacente, il semble admis que l'heure soit venue de réglementer de façon coordonnée les nombreux points litigieux des réseaux de chaînes de blocs de façon, à la fois, de contrôler les usages délictueux et de favoriser les développements souhaités. L'insécurité juridique sur des enjeux tels que la fiscalité, la relation avec les institutions financières, lorsque ce n'est pas tout simplement le manque d'expertise des pouvoirs publics sur le potentiel de la technologie, deviennent néfastes pour tout le monde. D'autant plus que la technologie ouvre une nouvelle ère de transactions programmables dans le domaine des contrats intelligents, avec



tout ce que cela comporte de défi aux univers de la réglementation et du droit. Il est donc temps d'introduire les régulations de base qui soutiendraient et sécuriseraient les investissements et l'acquisition de compétences spécifiques.

Nous ne parlons pas ici seulement d'entreprises qui désirent se lancer dans le domaine très prometteur, et aussi très risqué, des *fintechs*, mais d'organisations offrant des services de biens publics. Par exemple, dans l'enquête réalisée auprès de plus d'une centaine d'organisations utilisant la technologie des chaînes de blocs dans le cadre de leur mission de services à impact social<sup>123</sup>, 51,9 % d'entre elles affirmaient que cette nouvelle technologie était essentielle pour résoudre les problèmes qu'elles rencontraient pour remplir leur mission alors que 41,7 % estimaient qu'elle améliorerait la manière d'y parvenir. Seuls 5,6 % trouvaient que d'autres méthodes étaient plus appropriées. Néanmoins, la grande majorité des organisations évaluait que la mise en place de leur réseau de chaîne de blocs avait été plus difficile qu'anticipée en raison d'un environnement réglementaire nébuleux, voire hostile, qui les rendait plus nerveuses dans leur volonté d'investir dans ce domaine, signalant au passage que les régulateurs ne comprenaient pas la technologie et son potentiel en termes d'impacts. En somme, la réglementation avait été leur principal défi à surmonter.

### **Respect des données personnelles**

Le gouvernement du Québec a annoncé qu'il s'attaquerait au problème des vols de données personnelles simultanément sur trois fronts. La ministre de la Justice, Sonia LeBel, doit moderniser les lois sur la protection des renseignements personnels dans les domaines privé et public ; le ministre des Finances, Éric Girard, a présenté un projet de loi sur les agences de crédit ; par ailleurs, le ministre délégué à la Transformation numérique, Éric Caire, devrait proposer une politique sur la cybersécurité qui touchera les activités du gouvernement. La ministre Lebel dit souhaiter imposer davantage de transparence aux entreprises, avec une obligation de consentement éclairé de la part des utilisateurs concernés, comme l'imposent déjà l'Union européenne et d'autres pays.

C'est en gros ce que l'on trouve dans le Livre blanc récemment produit par TechnoMontréal, dont les propositions appellent à un renforcement du Commissariat à la protection de la vie privée du Canada et de la Commission d'accès à l'information du Québec. On réclame de leur octroyer le « pouvoir de sanctionner les contrevenants aux directives, règlements et législations en matière de sécurité des données, tant dans le secteur privé que dans le secteur public ». On suggère également de « moderniser le cadre légal concernant la cybersécurité et la protection des renseignements et d'établir une gouvernance des données qui s'appuie sur les meilleures pratiques, normes et certifications internationales, en s'inspirant du Règlement général sur la protection des données (RGPD) de l'Union européenne, qui a introduit la possibilité pour des organismes nationaux de

---

123. Stanford Graduate School for Business, *Blockchain for Social Impact 2019*, Center for Social Innovation, 37 pages.

sanctionner ceux qui contreviennent aux normes en matière de protection des données<sup>124</sup>. » Donc sur ce plan, on serait en principe sur une bonne voie menant à la bonification des législations.

### **Les actifs numériques, la fiscalité et la taxation**

Même si nous nous intéressons peu à ses applications en tant qu'actifs numériques, force est de constater aujourd'hui que la technologie des chaînes de blocs est difficilement séparable des enjeux de transfert de valeur des cryptomonnaies. Le législateur doit rapidement clarifier les règles fiscales et comptables qui entourent les actifs numériques (crypto- ou cybermonnaies, jetons, tokens ou autres appellations) de manière à protéger adéquatement les promoteurs et utilisateurs des chaînes de blocs et être capable de les adapter régulièrement en fonction des évolutions technologiques. D'ailleurs, plutôt que de référer uniquement aux chaînes de blocs, les autorités françaises ont privilégié l'expression de « dispositif d'enregistrement électronique partagé » afin de ne pas exclure des développements techniques ultérieurs, tout en couvrant les principales caractéristiques de la technologie derrière le bitcoin, à savoir « sa vocation de registre et son caractère partagé ». Au Québec, c'est à l'Autorité des marchés financiers (AMF) de préciser la réglementation concernant les ICO (Initial Coin Offering<sup>125</sup>) et d'avancer sa réflexion sur le statut juridique des jetons (les *coins*). En l'état actuel, l'AMF se limite à rappeler que les transactions comportant des cryptoactifs virtuels ne sont pas couvertes par le Fonds d'assurance-dépôts<sup>126</sup>.

Pour simplifier le travail du législateur, nous pensons qu'il serait possible d'établir au préalable une catégorisation des jetons selon leur utilisation : monnaie, investissement (ICO), biens, unité de compte, etc. Une consultation avec les acteurs de l'industrie pourrait permettre d'identifier les catégories juridiques dans lesquelles les jetons pourraient entrer en fonction, avec leurs caractéristiques spécifiques et obligations. On pourrait par la suite prévoir que les émetteurs de jetons soient responsables de la catégorisation de ceux-ci (avec une procédure d'examen préalable de l'AMF) et des obligations de l'application de la réglementation afférente à chacun d'eux. La tâche s'avèrera nécessairement compliquée dans la mesure où il sera difficile de concevoir les limites précises entre les différentes catégories actuelles d'actifs, et d'anticiper les prescriptions légales pour encadrer les utilisations à venir<sup>127</sup>.

---

124. TechnoMontréal, *Le livre blanc des technologies du Québec*, op. cit..

125. ICO : une méthode de levée de fonds fonctionnant via l'émission d'actifs numériques échangeables contre des cryptomonnaies. L'AMF précise sur son site que ces levées visent généralement à financer un projet technologique en démarrage par le biais d'actifs numériques, ou « jetons » (tokens), dont la valeur et l'utilisation éventuelles sont étroitement liées au succès du projet financé. Bon nombre d'ICO sont encadrées au Québec par la Loi sur les valeurs mobilières. Voir <https://lautorite.qc.ca/grand-public/investissements/bitcoin-et-autres-cryptomonnaies/premieres-emissions-de-cryptomonnaie-ou-de-jeton-ico/>.

126. Voir <https://lautorite.qc.ca/grand-public/investissements/bitcoin-et-autres-cryptomonnaies/>.

127. Selon certains experts, ce qu'il faut éviter c'est de créer un cadre juridique entièrement nouveau à ces jetons, alors qu'au contraire la plupart des catégories juridiques existantes devraient permettre de caractériser juridiquement leurs utilisations. Voir France Stratégie, *Les enjeux des blockchains*. Pour cette partie, nous avons amplement emprunté aux réflexions contenues dans le rapport du sous-groupe juridique du document de France Stratégie, *Les enjeux des blockchains*.

Quoi qu'il en soit, il apparaît clair que la sécurisation du traitement fiscal des activités autour des chaînes de blocs reste un enjeu considérable pour l'attraction de projets innovants s'appuyant sur cette nouvelle technologie. Pour les investisseurs ou utilisateurs, une première solution serait de reconnaître que les gains en actifs numériques correspondent à des plus-values en capital, mais que les gains latents ne constitueraient pas un revenu disponible du contribuable, l'imposition étant reportée et n'intervenant qu'au fur et à mesure de leur utilisation pour l'acquisition de biens (autres que des cybermonnaies) ou de services. Pour les entreprises qui en font une activité commerciale, au moins deux solutions peuvent être envisagées : soit de considérer que les opérations réalisées en cryptomonnaies sont imposables à la date de leur réalisation ou à celle de leur inscription au bilan ; soit de considérer la possibilité de reporter dans le temps l'imposition du profit obtenu lors de l'achat des biens et services ayant fait l'objet de la transaction ou lorsque la cryptomonnaie est convertie en monnaie légale.

En ce qui concerne la taxation des transactions, on peut souhaiter que les transactions d'échange d'actifs sur les chaînes de blocs soient taxées au même titre que les autres services financiers. En tout état de cause, les opérations au cours desquelles ces actifs numériques (cybermonnaies ou jetons) sont utilisés en paiement de prestations ou d'achats de biens devraient naturellement être soumises à la taxation sur la valeur ajoutée dans les conditions normales et en fonction des taux admissibles ici ou dans les territoires où ces services sont rendus. Les autorités réglementaires devront par ailleurs se donner les moyens techniques et humains pour lutter contre les usages frauduleux des cybermonnaies par le biais de règles de reddition appropriées pour les promoteurs et les utilisateurs de cryptomonnaies. Dans cette optique, une obligation d'information devrait être imposée aux entreprises gérant des plateformes d'échanges de cybermonnaies, qui auraient à fournir un état des achats/ventes permettant aux particuliers de justifier l'origine des fonds utilisés dans le cadre de transactions<sup>128</sup>.

### **Les contrats intelligents**

Nous avons relevé au chapitre 1 les divers enjeux juridiques qui sont soulevés par l'implantation de contrats intelligents dans les chaînes de blocs. Lorsque ces contrats ne font que transformer des contrats commerciaux ou juridiques existants en programmes informatiques, il n'y a pas de problème. Mais l'avantage de la technologie des chaînes de blocs est justement d'automatiser sur une vaste échelle les contrats commerciaux à tous les utilisateurs anonymes dès que certaines conditions s'appliquent. Ce n'est pas sans poser de problème d'un point de vue juridique. Heureusement, la multiplication des expérimentations de contrats intelligents dans divers domaines, de l'assurance au transfert de titres fonciers ou de vente aux enchères, trace la voie à une jurisprudence. Une adaptation des cadres juridiques devrait permettre d'assurer la cohérence des règles, la neutralité des supports technologiques et une reconnaissance formelle d'authenticité des ententes conclues sur une

---

128. Autrement dit, il s'agit d'intégrer les activités du domaine des chaînes de blocs au contrôle des pratiques frauduleuses, de blanchiment et de financement du terrorisme (des mesures de reddition regroupées sous les politiques de connaissance des clients [Know Your Customer ou KYC] et de lutte contre le blanchiment d'argent [Anti-Money Laundering ou AML]).

chaîne de blocs au même titre qu'un acte notarié ou un document officiel<sup>129</sup>. Cette adaptation passe par un effort pour préciser explicitement les conditions dans lesquelles un contrat intelligent pourrait avoir une valeur de contrat formel, de façon similaire aux contrats sous forme électronique, ainsi que le développement d'un référentiel de bonnes pratiques pour le développement de contrats intelligents sécurisés.

Reste que, d'un point de vue juridique, le problème réside dans le fait que les chaînes de blocs remplacent la relation de personne à personne par une interface de machine à machine, mais aussi du fait qu'il n'y a plus vraiment d'opérateur (puisque le logiciel fonctionne par consensus). D'où les difficultés d'un cadre contractuel. Néanmoins, il y aurait alors plusieurs cas de figure qui pourraient être tenus comme responsables : les créateurs du logiciel, ceux qui en profitent (les promoteurs ou les nœuds de réseau), les utilisateurs (lorsque ceux-ci contribuent à son financement), etc.

### **3.4 Recherche, développement et innovation**

S'il est vrai que les applications de la technologie des chaînes de blocs ne sont pas nées dans les universités, il n'en reste pas moins que les innovations de toutes sortes qui ont rendu possibles ces avancées n'auraient pas vu le jour sans la recherche fondamentale. En tenant compte des divers enjeux qui ont été précédemment identifiés et d'une volonté de procéder à un changement d'échelle de l'utilisation de la technologie, le développement d'un écosystème numérique de classe mondiale centré sur les services de registres et de contrats intelligents rend nécessaire la création d'équipes multidisciplinaires dans les institutions de recherche et les milieux académiques. Les organismes subventionnaires devraient imposer à ces équipes de tisser des liens avec les équipes de recherche dédiées à l'intelligence artificielle, les domaines de la cryptographie, de la cybersécurité (protection des données, identité numérique), des protocoles de consensus (gouvernance, fiabilité, efficacité) et des algorithmes associés aux contrats intelligents, etc., sans oublier la recherche sur l'informatique quantique. Un programme national pluridisciplinaire devrait être lancé pour, par exemple, faire progresser les connaissances sur les enjeux liés à l'empreinte carbone des biens et services québécois (dont les plateformes numériques), sur les impacts d'un projet de souveraineté numérique au Québec ainsi que sur l'interopérabilité entre les chaînes opérant sur un même territoire.

La dimension de transfert de connaissance vers les entreprises devrait aussi être spécifiquement encouragée. Le besoin s'est déjà fait sentir et des initiatives ont été amorcées. Par exemple, la firme québécoise Bitfarms a lancé, en association avec l'École de technologie supérieure (ÉTS), un projet de recherche sur les chaînes de blocs, en vue d'en cerner les applications pratiques, au-delà du minage. Catallaxy (une initiative de Raymond Chabot Grant Thornton) s'est pour sa part associé à l'Université Concordia et au Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) pour créer la Chaire de recherche industrielle CRSNG/Raymond Chabot Grant Thornton/Catallaxy en technologies blockchain (dotée d'un budget

---

129. Voir *Revue de littérature : mise en place des contrats intelligents basés sur un registre distribué de type chaîne de blocs*.

de 1,38 M\$), qui rassemblera durant cinq ans un groupe d'ingénieurs, d'étudiants de cycles supérieurs, de concepteurs de logiciels et d'analystes d'entreprise pour comprendre comment gérer cette technologie et les monnaies numériques en respectant la réglementation financière actuelle<sup>130</sup>. De telles initiatives devraient être encouragées dans toutes les universités québécoises qui forment des diplômés dans les domaines associés à l'économie numérique.

### 3.5 Soutien technique et financier

Nous avons présenté dans le chapitre 2 l'infrastructure de soutien technique et financier pour l'écosystème numérique québécois. De façon générale, les crédits d'impôt pour la R&D, le financement de centre de recherche publics et le capital de risque et de développement pour l'étape de la commercialisation se révèlent très généreux et avantageux pour les entreprises qui œuvrent dans le domaine des TIC au Québec. Par ailleurs, nous avons vu qu'un vaste tissu d'organismes d'intermédiation complète cette infrastructure par des services de soutien technique. Mais il y a lieu d'améliorer ce soutien si l'on veut voir le Québec se positionner comme l'un des principaux pôles de plateformes responsables centrées sur les services de registre distribué.

Le soutien technique et financier aux projets des créneaux que nous avons identifié précédemment devrait faire une distinction entre, d'une part, ce qui peut relever des « infrastructures » propres à la technologie des chaînes de blocs et, d'autre part, ce qui relève des applications de la technologie. Par infrastructures, nous entendons ici les divers segments de l'économie du numérique indispensables à la technologie des chaînes de blocs, par exemple les infrastructures de réseaux pour les nœuds, y compris les centres de calcul pour valider les transactions, ainsi que les centres de données indispensables aux applications de registre ou de contrat intelligent. Dans ce cas, les programmes gouvernementaux pour développer les infrastructures numériques sur l'ensemble du territoire ou encore les mesures sélectives d'Hydro-Québec en faveur de certains segments de consommateurs d'énergie hydroélectrique (centres de données et de calcul) devraient être bonifiés.

Pour ce qui relève des applications, c'est-à-dire de l'utilisation de la technologie des chaînes de blocs dans des applications concrètes, le soutien technique et financier exige une perspective de partenariat de long terme et du capital patient, en particulier pour les projets portés par les acteurs de l'économie sociale et solidaire. Si nous voulons positionner le Québec comme l'un des principaux pôles de plateformes responsables, les critères pour le soutien public aux projets devraient prévoir le respect d'un ensemble de normes et d'exigences ESG. Si l'on veut par ailleurs éviter que les projets soient essentiellement concentrés dans la grande région métropolitaine, il faudrait également encourager des projets pilotes territoriaux autour de plateformes regroupant les parties prenantes dans des consortiums multipartites, comme les plateformes numériques de mobilité durable territoriale centrées

---

130. Voir <https://www.concordia.ca/fr/actualites/nouvelles/2019/11/07/une-chaire-de-1-38-million-pour-definir-les-normes-d-authentification-des-cryptomonnaies.html>.

sur les chaînes de blocs que nous avons suggérées au chapitre 2. Le développement d'innovations québécoises dans ce domaine pourrait par la suite essaimer dans d'autres pays en partenariat avec des acteurs locaux.

En ce qui concerne le soutien financier, il va de soi que la mise en place d'une régulation appropriée des ICO par l'AMF devrait permettre de faciliter la collecte de fonds initiale des projets innovateurs. Puisque, dans le numérique, les effets de réseau sont extrêmement rapides, les organisations qui font appel à du soutien financier public pour des projets pilotes ou de démonstration devront avoir configuré, dans leur plan d'affaires, les solutions opérationnelles de leurs applications leur permettant de saisir rapidement les opportunités qui pourraient s'offrir à eux, y compris par le recours aux ICO ou à des plateformes de financement participatif.

Par ailleurs, l'adoption récente du projet de loi no 27 concernant l'organisation gouvernementale en matière d'économie et d'innovation va permettre de mettre en œuvre un renouvellement des mandats d'Investissement Québec (IQ)<sup>131</sup>. Avec l'augmentation de 1 milliard \$ du capital-actions de la Société ainsi que la mise en place d'un fonds pour la croissance des entreprises, doté aussi d'une enveloppe de 1 milliard \$, la réforme d'IQ vise, entre autres, à :

- Offrir un accompagnement personnalisé aux entreprises et simplifier les démarches de celles qui ont des projets d'investissement ;
- Accroître l'efficacité des démarches de prospection à l'étranger et améliorer l'appui à l'exportation ;
- Augmenter les investissements et accélérer l'innovation dans les entreprises, la transition numérique et la transition verte pour accroître leur productivité ;
- Améliorer la coordination des interventions et éviter la redondance des programmes et des structures.

Cette bonification des moyens accordés à IQ lui donnera donc des marges de manœuvre supplémentaires pour mener à bien des stratégies telles que celles proposées dans cette note, soit de positionner le Québec comme l'un des principaux pôles de plateformes numériques responsables centrées sur des services de registre distribué. Reste aussi à encourager le ministre de l'Économie à bonifier comme il convient le programme de financement de projets des Coopératives et OBNL ainsi qu'à être prêt à apporter du capital patient pour soutenir des projets d'envergure dans les créneaux des plateformes numériques responsables, en partenariat avec les financiers de l'ESS (dont la Fiducie du Chantier, le RISQ, la Caisse d'économie solidaire Desjardins, Fondation et Filaction). Il y aurait d'ailleurs

---

131. Voir <https://www.economie.gouv.qc.ca/index.php?id=24839>.

lieu d'envisager la création d'un fonds dédié à la filière des plateformes coopératives<sup>132</sup> qui pourrait investir dans des projets de plateformes responsables aux côtés des acteurs collectifs promoteurs, en apportant les moyens financiers essentiels à la phase initiale de développement. Cela permettrait de façonner les projets locaux en mobilisant toutes les compétences nécessaires à leur concrétisation (conception, démonstration de l'application dans un marché local, développement d'un réseau international de partenaires locaux) jusqu'à l'atteinte d'un effet de réseau adéquat, c'est-à-dire de l'atteinte d'un flux de revenu permettant au collectif de racheter les parts détenues par le fonds.

Enfin, il nous apparaît que le gouvernement devrait procéder à une révision de son approche des financements publics en visant à améliorer la valorisation de ses contributions. Pour les participations directes des outils financiers étatiques dans les projets de recherche-innovation ou dans la création et le développement des entreprises innovatrices (p. ex. celles d'Investissement Québec), la juste valorisation des contributions publiques est déjà une pratique courante. En effet, il est courant que les outils financiers offerts par ces institutions prennent la forme de financement participatif, ce qui permet de valoriser davantage les fonds publics lorsque les projets financés sont des succès financiers. Les professionnels de ces institutions ont l'expertise pour mesurer adéquatement la part de la contribution publique dans la valorisation des projets financés. Ce n'est malheureusement pas le cas pour de nombreuses autres contributions publiques.

C'est la raison pour laquelle il serait souhaitable que le gouvernement du Québec adopte de nouvelles pratiques de juste valorisation des contributions publiques dans le secteur des technologies. En échange de toutes ces participations et contributions dans les divers partenariats privé-public ou dans le soutien au développement de nouvelles technologies, il faudrait parvenir à mesurer leurs impacts en matière de valorisation économique et les transcrire, lorsque la situation le permet, par des participations en droits brevetés (redevances), en capital-actions ou en parts privilégiées (dividendes). Nous estimons que le gouvernement devrait ajouter à toutes ses conventions ou ententes de financement une clause exigeant que les activités visées par ces ententes comportent une forme de participation publique au portefeuille de propriété physique ou intellectuelle (en capital-actions ou en droits de redevance).

---

132. Chantier de l'économie sociale, *Pour une véritable économie collaborative*, mémoire présenté dans le cadre de la consultation publique du Groupe de travail sur l'économie collaborative, avril 2018, p. 13.

## Conclusion

Dans cette note sur la technologie des chaînes de blocs, nous avons cherché à montrer comment fonctionne cette technologie, le rôle qu'elle pourrait avoir dans la construction d'un nouveau paradigme de développement et pourquoi le Québec pourrait se positionner comme l'un des principaux pôles de production et d'utilisation de plateformes de chaînes de blocs «écologiquement et socialement responsables». Rappelons que cette note était menée dans le cadre d'un programme de recherche de l'IRÉC pour souligner le 75<sup>e</sup> anniversaire d'Hydro-Québec. Ce programme vise à explorer quelques aspects du potentiel et des occasions de développement qui s'offrent au Québec dans les domaines de l'efficacité énergétique et de la construction de nouvelles filières d'activités visant la production de biens et de services à faible intensité carbone. Les propositions soumises ici pour le développement d'un écosystème numérique responsable autour de la technologie des chaînes de blocs s'insèrent dans cette vision.

Il faudra certes y revenir plus d'une fois. Mais la matière est déjà suffisamment abondante pour dessiner les contours d'un ambitieux programme d'action. On peut formuler ainsi l'objectif stratégique que doivent servir l'ensemble des propositions énoncées :

*Faire du Québec l'un des pôles mondiaux de plateformes numériques responsables offrant des services centrés sur les chaînes de blocs, en particulier pour les applications de registre distribué et de contrat intelligent dans les domaines touchant les biens publics (page 27).*

Certaines propositions mises de l'avant dans la présente note méritent d'être rappelées :

- Que le gouvernement du Québec, dans le cadre d'une nouvelle politique commerciale axée sur la promotion d'un panier d'exportations de produits québécois «vert», facilite la mise en place d'un registre distribué indépendant qui aurait pour mission de certifier l'intensité carbone des biens et des services pour les entreprises québécoises qui désireraient s'inscrire dans cette démarche.
- Soutenir des projets de plateformes numériques de mobilité durable territoriale centrées sur les chaînes de blocs de manière à pouvoir répondre aux particularités et aux besoins de chaque territoire du point de vue d'une mobilité connectée, partagée, flexible et durable.
- Appuyer la création d'un consortium public-ESS qui encouragerait spécifiquement les entrepreneurs collectifs québécois à s'engager dans le créneau des services axés sur les chaînes de blocs, en développant des projets tournés vers des applications ou vers des services de registres partagés et de contrats intelligents autour de créneaux de la transition énergétique (mobilité, énergie) et d'activités d'intérêt public (p. ex. la santé et l'agroalimentaire) ; ces entreprises pourraient faire valoir les affinités existant entre cette forme d'économie alternative (avec les valeurs et les pratiques de solidarité et de partage qui les animent) et les possibilités offertes par la technologie des plateformes numériques.



- Voir à la création d'un organisme de suivi permanent (une cellule stratégique de fonctionnaires) qui regrouperait les agents publics associés aux divers volets de la stratégie industrielle et de la stratégie de recherche-innovation dans le domaine du numérique, avec le mandat spécifique d'assurer la coordination de la stratégie d'ensemble en faveur de plateformes responsables offrant des services de chaînes de blocs.
- La création d'un fonds d'investissement consacré à la filière des plateformes coopératives qui pourrait investir dans des projets de plateformes responsables aux côtés des acteurs collectifs promoteurs, en apportant les moyens financiers essentiels à la phase initiale de développement. Cela permettrait de façonner les projets locaux en mobilisant toutes les compétences nécessaires à leur concrétisation (conception, démonstration de l'application dans un marché local, développement d'un réseau international de partenaires locaux) jusqu'à l'atteinte d'un effet de réseau adéquat, c'est-à-dire à l'atteinte d'un flux de revenu permettant au collectif de racheter les parts détenues par le fonds.

La révolution numérique peut être envisagée comme une occasion exceptionnelle de faire converger des enjeux de développement scientifique et technologique et la mobilisation en faveur d'une adaptation des façons de produire, d'échanger, de circuler et de partager qui soutiennent l'enrichissement du bien commun et servent l'intérêt général. Le Québec a tout ce qu'il faut pour jouer un rôle déterminant et original dans la mutation sociale en cours.