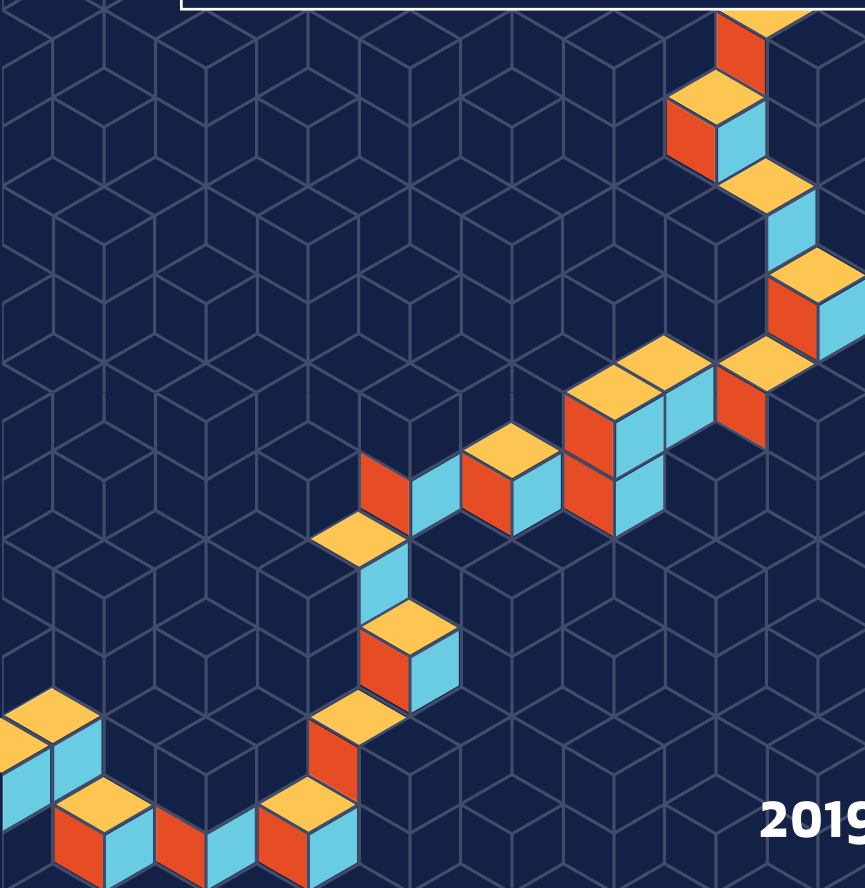


Rallier un consensus canadien :
L'évolution de notre écosystème de la blockchain



2019

Recherche par



Le Conseil des technologies de
l'information et des communications

Canada 

Financement fourni par :
Le Programme d'initiatives sectorielles
du gouvernement du Canada



Préface

Le CTIC est un centre national d'expertise pour l'économie numérique. Fort de plus de 25 ans d'expérience en recherche et élaboration de programmes liés à la technologie, le CTIC vise à renforcer l'avantage numérique du Canada dans une économie mondiale. Grâce à des recherches prospectives, à des conseils stratégiques fondés sur des données probantes et à des programmes créatifs de renforcement des capacités, le CTIC favorise des industries canadiennes novatrices et concurrentielles à l'échelle mondiale, habilitées par une main d'œuvre talentueuse et diversifiée.

Pour citer ce rapport

Hamoni, R., McLaughlin, R., et Rice, F. (novembre 2019). Rallier un consensus canadien : L'évolution de notre écosystème de la blockchain. Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC). Ottawa, Canada.

Recherche et rédaction par Ryan McLaughlin (économiste principal et analyste de la recherche), Faun Rice (analyste de la recherche et des politiques) et Rosina Hamoni (analyste subalterne de la recherche), avec le généreux soutien de l'équipe de recherche et des politiques du CTIC.

Les opinions et interprétations présentées dans cette publication sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement celles du gouvernement du Canada.

Remerciements

Les contributions offertes dans le cadre du présent rapport par nos intervenants clés, les membres du comité consultatif et les autres experts en la matière sont grandement appréciées. Nous aimerions remercier toutes les personnes qui ont contribué à la production du présent rapport, en plus des personnes suivantes.

Manuel Badel : Fondateur, Badel Media

Jonathan Bahá'i : Président, Peerplays Blockchain Standards Association

Dave Bradley : Cofondateur et président, Bull Bitcoin; directeur de la technologie, Alberta Blockchain Consortium

Mike Brown : Directeur de l'innovation des produits, ATB Financial

Ceit Butler : Professeure et coordonnatrice des programmes de développement des chaînes de blocs, School of Computer Technology, Collège George Brown

Hilary Carter : Directrice générale, Blockchain Research Institute

Maciej Cepnik : Vente et marketing, Veriphi

Antoine De Vuyst : Cofondateur, Bitcoin Bay

Laurent Féral-Pierssens – Leader, Blockchain, Deloitte Canada

Keegan Francis : Cofondateur, Atlantic Blockchain Company

David Gadd : Directeur, Acquisition de talents en chaînes de blocs et technologies émergentes, Proxime Solutions

Lucia Gallardo : Fondatrice, Emerge

Laura Gheorghiu : Partenaire, Gowling WLG (Canada), Montréal

Dan Giurescu : Fondateur et premier dirigeant, TerraHub Technologies Inc.

Violeta Gotcheva (Ph. D.) : Directeur, Recherche et partenariats universitaires, BlockchainHuB, Lassonde PD, Université York University

Magdalena Gronowska : Partenaire et conseillère principale, MetaMesh

Baiju Jacob : Consultant en chef, ChainDigit

Alim Khamisa : Directeur, Stratégie et opérations, Alkemi

Dawood Khan : Fondateur, TransformationWorx

Victoria Lemieux : Professeure agrégée, fondatrice et coprésidente, Blockchain@UBC, Université de la Colombie-Britannique

Marc Lijour : Fondateur et premier dirigeant, Creative Emergy

Mark MacDonald : Partenaire, EY

Noah Marconi : Dirigeant principal de la technologie, Tag Innovation

Iliana Oris Valiente : Directrice générale, Accenture, et fondatrice, ColliderX

Mrugakshee Palwe : Cofondatrice, Atlantic Blockchain Company

Chinmay Patel : Cofondateur et premier dirigeant, BlockX Labs

Peter J. Patterson : Leader du marché des chaînes de blocs, IBM Blockchain

Omid Sadeghi : Directeur général, BlockchainHub

David Sopuch : Fondateur et premier dirigeant, Avetti Commerce Corporation

Alex Todd : Fondateur et premier dirigeant, ReliablyME Inc.

Erik Valiquette : Président et cofondateur, Canadian Blockchain Supply Chain Association

Andreas Veneris : Professeure et chercheuse-boursière Connaught, Université de Toronto



Glossaire

Le glossaire présente un aperçu de la terminologie utilisée, mais qui n'est pas largement explicitée dans le texte. Pour une explication des termes importants comme « blockchain » et « contrat intelligent », consultez l'introduction.

Application décentralisée : Application informatique décentralisée s'exécutant sur un système informatique qui est distribué sur plusieurs serveurs (comme Ethereum et Bitcoin).

Attaque Sybil ou attaque des 51 % : Attaque d'une blockchain rendue possible lorsqu'un groupe de nœuds contrôle plus de 50 % du pouvoir de vote dans une blockchain, soit en créant de nombreuses fausses identités (attaque Sybil) ou en détenant plus de 50 % du pouvoir de minage du réseau, de la capacité de traitement ou du taux de hachage.

Contrat intelligent : Exécute automatiquement les conditions d'un contrat sans que la supervision d'une tierce partie de confiance soit nécessaire. La plateforme de contrats intelligents la plus développée est Ethereum.

Fonction de hachage cryptographique : Algorithme qui transforme toute taille de donnée en un extrait de taille fixe unique et qui est donc difficile à inverser. Cette méthode sert à protéger les transactions.

Jeton de sécurité : Représente la propriété juridique des biens qui peuvent générer un rendement des investissements. La différence entre un jeton de sécurité et un jeton utilitaire est considérée comme importante à des fins réglementaires.

Jeton stable (« stablecoin ») : Bien numérique aux caractéristiques semblables à une cryptomonnaie (p. ex. protection cryptographique, échange de pair à pair, utilisation de contrats intelligents) qui diffère en étant adossé à des biens dont le prix est stable (p. ex. dollar américain).

Jeton utilitaire : Jeton qui offre aux utilisateurs un produit ou un service (généralement au sein même de l'application), mais qui ne peut pas être échangé contre des devises fiduciaires.

Minage : Processus selon lequel de nouveaux blocs sont ajoutés à une blockchain, c'est-à-dire lorsqu'un nœud présente une transaction, qu'elle est examinée par d'autres nœuds et qu'elle attend en file avec d'autres transactions pour être publiée en un seul « bloc » dans une blockchain. Les nœuds de minage sont « récompensés » pour leur temps et leur travail de validation et de publication des nouveaux blocs.

Nœuds : Les personnes ou les ordinateurs qui participent à la blockchain sont appelés des « nœuds » égalitaires qui sont exploités au sein d'un réseau décentralisé ou de pair à pair plutôt qu'un serveur centralisé.

Preuve d'enjeu : Mécanisme de consensus, généralement considéré comme la solution de rechange la plus fréquente à la preuve de travail, au sein de laquelle une personne valide un pourcentage de transactions égal à la quantité de jetons qu'elle détient.

Preuve d'enjeu distribuée : Mécanisme de consensus (voir « preuve de travail ») selon lequel des détenteurs de jetons votent pour sélectionner des « délégués » ou des « témoins » qui valident les transactions sur un réseau.

Preuve de travail : Premier mécanisme de consensus, utilisé sur Bitcoin, qui demande aux mineurs de résoudre un processus computationnel complexe, comme trouver un hachage cryptographique comportant une structure précise, chaque fois qu'ils enrichissent la blockchain.

Preuve du temps écoulé : Mécanisme de consensus (voir « preuve de travail ») qui impose des temps d'attente randomisés aux participants à un réseau de sorte que le premier à manquer de temps entame le processus d'ajout d'un nouveau bloc à la blockchain.

Problème de la double dépense : Limite potentielle des systèmes de biens numériques où un jeton numérique peut être facilement reproduit ou contrefait et dépensé à maintes reprises.

Problème des généraux byzantins : Important principe de l'informatique décentralisée, le problème de généraux byzantins est un concept de théorie du jeu faisant référence à la capacité de multiples parties d'agir de bonne foi sachant qu'il pourrait y avoir un mauvais joueur dans leur monde. Les mécanismes de consensus de la blockchain pour les systèmes publics décentralisés visent à être tolérants aux pannes.

Technologie des registres distribués : Base de données de transactions hébergée sur une grande variété de serveurs et de sites plutôt que d'être contrôlée et maintenue par une autorité centralisée.

Table des matières

Sommaire	8
Introduction: Contexte de la blockchain	10
Qu'est-ce que la blockchain?	10
Concepts clés de la blockchain	12
Quand la blockchain est-elle la bonne solution?	17
Quand la blockchain n'est-elle pas la bonne solution?	18
La blockchain au Canada : L'écosystème d'aujourd'hui	19
Les voix de l'écosystème de la blockchain du Canada : Consultations auprès de l'industrie	22
L'utilisation de la blockchain au Canada : Aperçus de l'industrie et des cas pratiques	24
La blockchain au Canada : Écosystèmes régionaux	30
Examen de la blockchain au Canada : Tendances émergentes en éducation	37
Œuvrer dans la blockchain	42
L'avenir de la blockchain au Canada :	52
Tendances émergentes pour une industrie en évolution	
Conclusion	58
Annexe	59



Sommaire

La blockchain est une technologie émergente qui n'en est qu'à ses débuts, et son impact sur l'économie canadienne et le marché du travail du pays commence tout juste à prendre forme. Le rapport Rallier un consensus canadien entreprend un examen de l'écosystème canadien de la blockchain d'aujourd'hui, documentant son statut actuel et les tendances à venir. Grâce à des discussions approfondies avec des consultants de l'industrie et à la collecte d'une grande variété de données, le Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) présente un aperçu de la technologie blockchain, des industries dans lesquelles elle est présente, de ses applications, et des différences dans l'ensemble du Canada avant de s'attarder au marché du travail et aux possibilités d'étudier la blockchain et de travailler avec cette technologie. Le rapport traite ensuite des tendances au fil du temps, examinant la propriété intellectuelle et d'autres données qui laissent entrevoir l'avenir de la blockchain au Canada et dans le reste du monde. Dans l'ensemble, le présent rapport conclut que l'écosystème canadien de la blockchain a survécu à la période que l'on a communément appelée le « crypto-hiver », à la suite d'une chute spectaculaire du prix du bitcoin, et qui montre maintenant des signes d'évolution grâce à une grande variété d'indicateurs.

Contrairement à certaines technologies, une introduction à la blockchain comme technologie est essentielle pour comprendre ses utilisations potentielles et ses répercussions sur le marché du travail. La première section du rapport présente l'histoire de la blockchain, les chaînes de blocs publiques et privées, la terminologie essentielle, et une liste de contrôle couramment utilisée pour déterminer à quel moment la blockchain est la technologie appropriée dans un cas particulier.

Bien que la blockchain bénéficie d'une riche histoire au Canada, les consultants de l'industrie suggèrent que le Canada pourrait être à risque de perdre le terrain gagné en raison d'un climat d'investissement conservateur et de l'incertitude réglementaire. Dans la deuxième section du rapport, le CTIC examine une large gamme d'activités de la blockchain au Canada, principalement par une étude des données sur les entreprises du domaine de la blockchain et des cryptomonnaies employant des Canadiens. Cette étude estime que l'écosystème canadien de la blockchain est composé de plus de 280 entreprises, employant plus de 1 600 travailleurs, les développeurs de chaînes de blocs, une vaste catégorie englobant de nombreux titres d'emploi, et les architectes de solutions étant les emplois de la blockchain les plus recherchés.

Les entreprises de la blockchain au Canada se concentrent surtout dans les secteurs des finances, de la technologie financière et des technologies de l'information et des communications (TIC). En incluant la cryptomonnaie, ces secteurs représentent 56 % de toutes les entreprises de la blockchain au Canada. Cependant, d'autres secteurs, comme l'expertise-conseil, en plus de plusieurs secteurs émergents tels que l'industrie culturelle et l'éducation, sont en recrudescence. Différentes régions du Canada montrent également des scénarios distincts quant à la blockchain, particulièrement en ce qui concerne la proportion de la technologie blockchain par rapport aux activités liées aux cryptomonnaies dans chaque province, mais dans l'ensemble, les données révèlent que Toronto et Vancouver constituent le cœur de l'économie de la blockchain au Canada, accueillant 60 % des entreprises et 65 % des travailleurs du secteur. Appuyant la croissance de cette économie émergente, le Canada offre un éventail croissant de programmes d'éducation à la blockchain, faisant la lumière sur la demande globale du marché du travail que ciblent ces programmes.

Le rapport Rallier un consensus canadien examine des données de séries chronologiques présentant un profil visible de brevets liés à la blockchain et des proportions plus importantes de propriété intellectuelle. Combinées à l'âge moyen croissant des jeunes entreprises au fil du temps, à l'intérêt du public pour la blockchain, et aux perspectives sur la transformation de la composition de genre et de rôle dans l'écosystème de la blockchain, les tendances montrent une industrie qui n'est plus caractérisée par les premières émissions de cryptomonnaie, mais qui se dirigent lentement mais sûrement vers des propositions de valeur réelles.

Bien que l'empreinte du Canada sur la scène mondiale quant à la blockchain soit encore relativement petite à ce moment-ci, l'écosystème du pays prend prudemment sa place et commence son cheminement en passant de la preuve de concept à la promptitude de production. Les industries comme les services financiers et la technologie financière pourraient arriver les premières, mais un ensemble de cas pratiques en pleine diversification, combiné à une familiarité croissante avec la blockchain de la part des développeurs, des éducateurs et des employeurs, fera partie d'un écosystème dynamique au cours des années à venir.



INTRODUCTION

Contexte de la blockchain



« La blockchain représente la deuxième ère d'Internet. Pendant des décennies, la première était l'Internet de l'information. Nous avons maintenant l'Internet de la valeur, où tout ce qui a de la valeur, dont l'argent, nos identités, nos biens culturels comme la musique, et même un vote, peut être stocké, géré, négocié et échangé de façon sécuritaire. »

– Don Tapscott, 52 Insights, avril 2018¹

Qu'est-ce que la blockchain?

La blockchain, l'innovation ayant mené à l'apparition du célèbre bitcoin, est rapidement devenue une technologie émergente clé ayant des répercussions dans divers secteurs, notamment les cryptomonnaies et la technologie financière. Malgré sa popularité grandissante, la technologie blockchain demeure difficile à définir pour les profanes, tant en ce qui concerne les composantes techniques uniques au cœur de la technologie que l'usage imprécis répandu du terme. La section suivante présente une introduction sur ce qu'est la blockchain et quels concepts clés guident son utilisation aujourd'hui au Canada.

Le bitcoin et les débuts de la blockchain

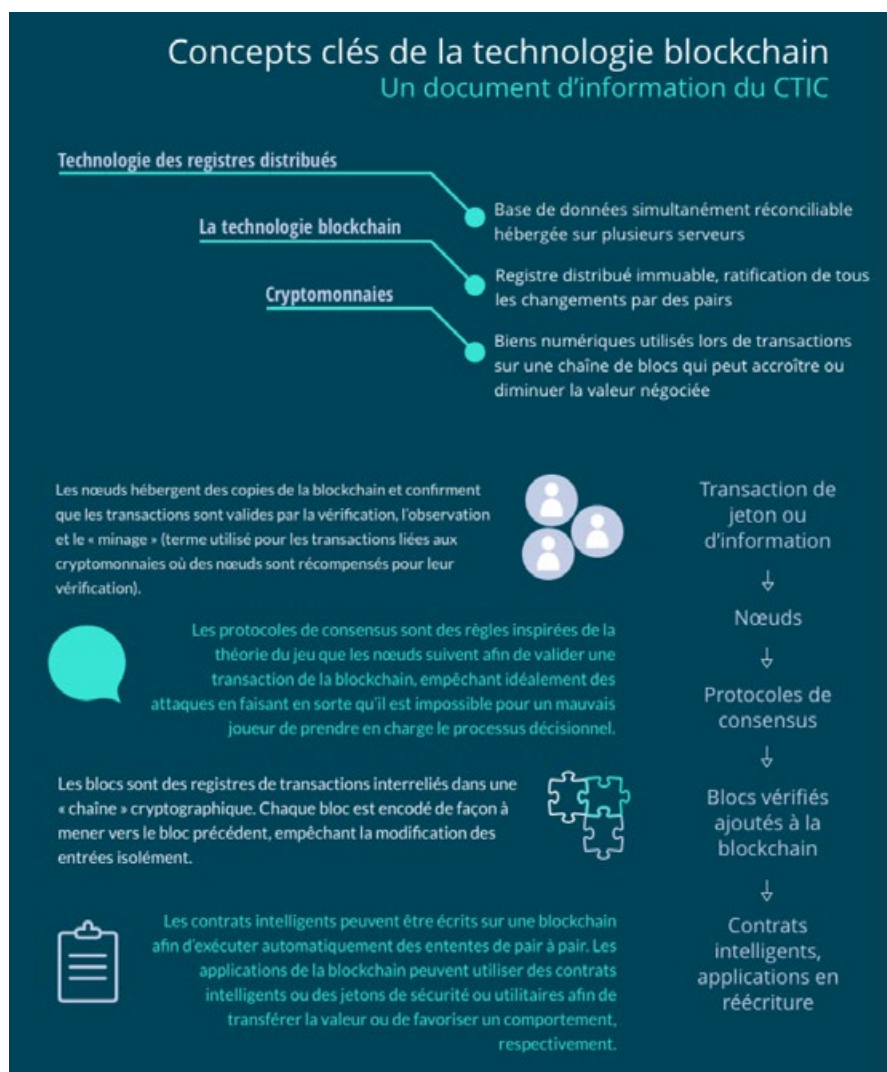
En 2008, une personne ou un collectif utilisant le pseudonyme Satoshi Nakamoto a publié l'ouvrage *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. Ce document proposait la première itération de la blockchain comme la technologie sous-jacente au bitcoin, largement considéré comme la première cryptomonnaie réelle. La blockchain et le bitcoin ont réglé le **problème de double dépense**, un problème central pour les monnaies numériques sans autorité centralisée. La blockchain utilise plusieurs innovations clés (ancrées dans la cryptographie et la théorie du jeu ou la conception de mécanismes) afin d'empêcher les utilisateurs de reproduire ou de falsifier des biens numériques sans avoir à passer par une banque ou un gouvernement. Plusieurs de ces concepts fondamentaux sont abordés ci-après.

¹Don Tapscott, « Blockchain represents the second era of the internet » 52 Insights, 5 avril 2018, <https://www.52-insights.com/don-tapscott-blockchain-represents-the-second-era-of-the-internet-interview/>

La blockchain : un registre distribué

En termes simples, une blockchain est un type de **technologie de registres distribués** continuellement mise à jour par les utilisateurs participants et vérifiée par d'autres, et hébergée sur de multiples serveurs plutôt que d'avoir recours à une seule version officielle détenue par un seul utilisateur ou centre de données. Tout ce qui est saisi dans la blockchain est enregistré de façon permanente : un auteur peut créer une nouvelle entrée qui reflète le changement d'un dossier antérieur, mais il ne peut jamais supprimer une entrée². L'intégrité des entrées dans la blockchain est maintenue grâce à une **fonction de hachage cryptographique**, et la blockchain utilise une technique cryptographique particulière où chaque entrée ou « bloc » est encodé de façon à mener vers le bloc précédent, ce qui signifie qu'aucune entrée précédente ne peut être modifiée sans compromettre tous les autres blocs de la « chaîne » interconnectée³. En utilisant ce processus de base, la blockchain se veut être décentralisée, transparente, de source ouverte, autonome, inaltérable et pseudonyme.⁴

Figure 1: Qu'est-ce que la blockchain?



²Lou Carlozo, « What is blockchain? », *Journal of Accountancy*, vol. 224, no 1, 2017, p. 1.

³Emily Kotow, « What is Blockchain Hashing? », *Hedgetrade*, 26 février 2019, <https://hedgetrade.com/what-is-blockchain-hashing/>

⁴Ion-Chang Lin et Tzu-Chun Liao, « A Survey of Blockchain Security Issues and Challenges », *International Journal of Network Security*, vol. 19, no 5, 2017, p. 653-659.

Concepts clés de la blockchain

Nœuds, mineurs et vérification

Comme le décrit la figure 1, les participants au processus de la blockchain, ou **nœuds**, hébergent des copies de la blockchain ou vérifient les transactions qui ont été effectuées sur la blockchain, ce que l'on appelle « **minage** »⁵ en lien avec le bitcoin, mais qui pourrait aussi être appelé « attestation » ou « validation ». Les nœuds valident les transactions qui sont effectuées pour la première fois et qui sont correctement horodatées (c'est-à-dire que la même transaction n'a pas eu lieu deux fois)⁶. Les transactions sont vérifiées dans un bloc combiné par le biais d'un protocole de consensus préétabli, et chaque bloc comprend un hachage cryptographique du bloc précédent, un horodatage et des renseignements sur les transactions. Ainsi, les blocs forment une chaîne grandissante interreliée, faisant en sorte qu'il est difficile ou même impossible de modifier toute composante sans alerter les nœuds honnêtes⁷.

Mécanismes de consensus

Depuis 2008, les concepts fondamentaux de la blockchain ont été adaptés pour les cryptomonnaies autres que le bitcoin, ainsi que de nombreuses applications sans lien avec les cryptomonnaies. Un mécanisme de consensus établit les règles de communication et de validation discutées précédemment. Elles sont essentielles pour s'assurer qu'une blockchain est sûre. Par exemple, l'une des façons de corrompre le processus de la blockchain et de falsifier une transaction serait de générer de nombreuses adresses IP en tant que fausses identités, de neutraliser collectivement les nœuds honnêtes, et d'ajouter une transaction incorrecte dans le cadre d'une **attaque Sybil** ou d'une **attaque des 51 %**. Plusieurs types de mécanismes de consensus ont été inventés pour empêcher ce problème.

Bitcoin utilise un mécanisme de consensus appelé **preuve de travail**, lequel demande aux mineurs de résoudre un processus computationnel complexe (comme trouver un hachage cryptographique contenant une structure particulière) chaque fois qu'ils modifient la blockchain. La preuve de travail remplace la formule « une adresse IP, un vote » par « une unité centrale de traitement, un vote ». Il est ainsi plus difficile pour un pirate de capter suffisamment de puissance d'une unité centrale de traitement pour éclipser la majorité des nœuds honnêtes⁸. Les mineurs de bitcoins sont encouragés à participer à ce processus en recevant des récompenses sous forme de bitcoins et de frais de transaction. Ainsi, les codes et les mesures incitatives sont combinés pour créer un système sans rapport de confiance qui, en principe, ne nécessite pas de surveillant⁹.

⁵Ammer Rosic, « What is Blockchain Technology? », Blockgeeks, mise à jour le 1er mars 2019 : <https://blockgeeks.com/guides/what-is-blockchain-technology/>

⁶Satoshi Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, 2008, p. 3, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>

⁷Ibidem.

⁸Ibidem.

⁹Shermin Voshmgir, « Blockchains & Distributed Ledger Technologies », Blockchainhub Berlin, 2019 : <https://blockchainhub.net/blockchains-and-distributed-ledger-technologies-in-general/>

Une critique fréquente du mécanisme de preuve du travail : il consomme beaucoup d'énergie pour résoudre des défis computationnels de façon continue et compétitive. Un chiffre couramment cité estime que la consommation d'électricité de la communauté du minage de bitcoins en mars 2018 était comparable à celle de toute l'Irlande¹⁰. À ce titre, d'autres mécanismes de consensus ont été créés. Au moment de rédiger le présent rapport, la solution de rechange la plus souvent citée était la **preuve d'enjeu**. Une attaque du réseau est considérée comme étant désavantageuse pour les mineurs qui détiennent davantage d'enjeux puisque la valeur de leur propre monnaie s'en trouverait alors diminuée¹¹ : à ce titre, un utilisateur détenant un « enjeu » plus important dans le succès d'une monnaie devrait prendre les décisions les plus avantageuses pour le succès de la plateforme. D'autres mécanismes de consensus, comme la **preuve du temps écoulé**¹², la **preuve d'enjeu distribuée** et d'autres variantes du **problème des généraux byzantins**¹³ sont utilisés par différentes technologies de la blockchain. Par exemple, Facebook a créé son propre protocole, LibraBFT, pour le projet de cryptomonnaie Libra¹⁴.

Un nouveau consensus canadien

Jonathan Baha'i de Peerplays Blockchain Standards Association (PBSA) en Nouvelle-Écosse recommande un nouveau mécanisme de consensus, conçu par la PBSA vers la fin de l'automne 2019. La blockchain de la PBSA utilise présentement une preuve d'enjeu, et la PBSA recommande d'adopter un nouveau protocole en raison de certaines failles observées dans la structure incitative de type preuve d'enjeu qui affecte la sécurité globale de la blockchain.



« La preuve d'enjeu ludique est notre propre mécanisme de consensus, lequel nous avons conçu. Dans le cadre de cette preuve d'enjeu ludique, la sécurité du réseau repose entièrement sur la participation au vote des détenteurs de jetons. Peu importe le secteur, un vote souffre toujours d'un manque de participation. Il n'est pas combiné aux bonnes mesures incitatives. De plus, si des jetons principaux sont échangés de façon centralisée, ils deviennent un risque pour la sécurité puisque ces détenteurs peuvent utiliser les jetons en leur possession pour voter sur la blockchain. Par conséquent, plutôt que de simplement distribuer la preuve d'enjeu, nous ludifions le processus de vote en ajoutant des mesures incitatives. Notre première itération sera bientôt opérationnelle. »

Au fil du temps, le fait que la preuve d'enjeu ludique gagne du terrain est, selon Jonathan Baha'i, une façon de faire savoir aux membres des coopératives décentralisées que leur vote est important, levant ainsi les objections que les petits détenteurs de jetons pourraient avoir quant à d'autres versions de la preuve d'enjeu.

¹⁰Alex de Vries, « Bitcoin's Growing Energy Problem », *Joule* 2, 801-809, 16 mai 2018.

¹¹Jake Frankenfield, « Proof of Stake (PoS) », *Investopedia*, 11 août 2019 : <https://www.investopedia.com/terms/p/proof-stake-pos.asp>

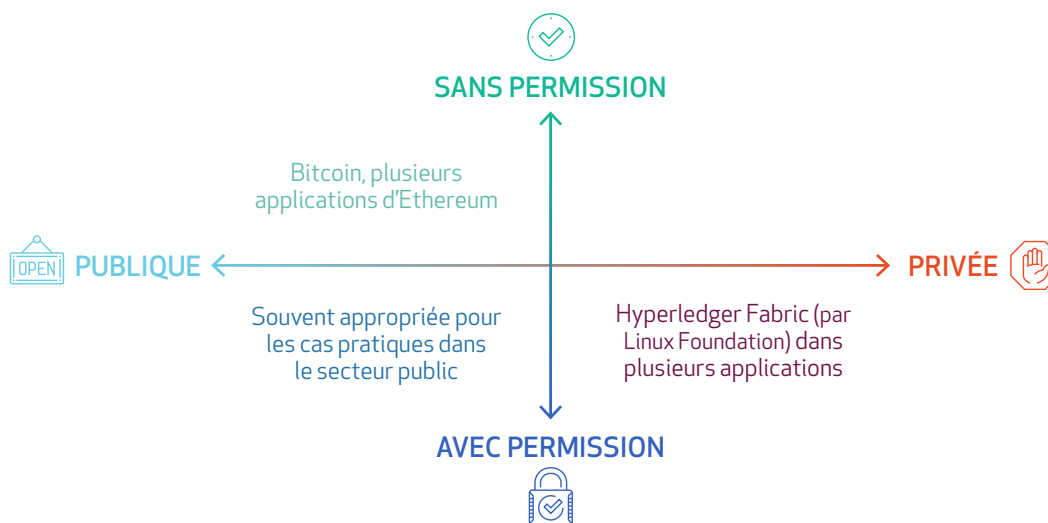
¹²« Hyperledger Overview », *Hyperledger: Blockchain technologies for Business*, avril 2019, p. 8, https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2019/04/Hyperledger-Overview_April-2019.pdf

¹³Georgios Konstantopoulos, « Understanding Blockchain Fundamentals, Part 1: Byzantine Fault Tolerance », *Medium*, 30 novembre 2017 : <https://medium.com/loom-network/understanding-blockchain-fundamentals-part-1-byzantine-fault-tolerance-245f46fe8419>

¹⁴« Consensus », *Libra Codebase*, site consulté le 8 octobre 2019 : <https://developers.libra.org/docs/crates/consensus>

Blockchain avec et sans permission : Plateformes et protocoles

Les chaînes de blocs peuvent être entièrement de source ouverte ou restreindre le type d'utilisateurs qui y ont accès. L'expression « blockchain » est quelque peu contestée en ce qui concerne les projets qui intègrent des systèmes avec permission, certains participants de l'industrie soutenant que les termes technologie des registres distribués sont plus adaptés aux systèmes qui ne sont pas publics¹⁵. La prolifération actuelle des plateformes est vue comme un problème par certains intervenants de l'industrie, la société Gartner indiquant que 90 % de toutes les plateformes de la blockchain mises en œuvre de devront être remplacées d'ici 2021 pour éviter leur obsolescence étant donné l'état fragmenté des solutions disponibles¹⁶.



¹⁵Shermin Voshmgir, « Blockchains & Distributed Ledger Technologies », Blockchainhub Berlin, 2019 : <https://blockchainhub.net/blockchains-and-distributed-ledger-technologies-in-general/>

¹⁶Gartner Newsroom, « Gartner Predicts 90% of Current Enterprise Blockchain Platform Implementations Will Require Replacement by 2021 », Stamford, Conn., juin 2019 : <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-07-03-gartner-predicts-90-of-current-enterprise-blockchain>

Blockchain publique sans permission

Exemples : Bitcoin, plusieurs applications d'Ethereum

Une blockchain est de source ouverte, ce qui signifie que n'importe qui peut y participer comme utilisateur ou mineur de nœuds¹⁷. Une personne devient un utilisateur en téléchargeant le code et en participant au consensus public lorsqu'elle valide des transactions¹⁸. Dans une blockchain publique, tous les participants ont des pseudonymes et les transactions dépendent donc du protocole de la blockchain plutôt que d'un rapport de confiance avec les autres utilisateurs ou nœuds. En 2019, 45 % des cadres internationaux interrogés par Deloitte ont dit qu'ils concentreraient leurs activités, non exclusivement, sur « une blockchain publique comme Bitcoin ou Ethereum¹⁹ ».

Blockchain publique avec permission

Exemples : Souvent appropriée pour les cas pratiques dans le secteur public²⁰

Une blockchain que toute personne peut consulter peut également être conçue de façon à ce que l'accès en mode écriture soit permis.

Blockchain privée avec permission

Exemples : Hyperledger Fabric (par Linux Foundation) dans plusieurs applications

Dans une blockchain privée, un nœud principal central autorise et contrôle son utilisation : les participants des listes blanches, lesquels sont probablement connus comme détenant des identités de confiance, peuvent y accéder. La sécurité globale s'en trouve ainsi améliorée, ce qui permet de prendre des décisions sans avoir recours à des protocoles de consensus coûteux comme la preuve de travail. Toutefois, la nécessité de disposer d'une autorité centrale pour identifier les utilisateurs autorisés fait des chaînes de blocs privées un sujet de débat. Environ la moitié des cadres internationaux ayant répondu au sondage de Deloitte en 2019 ont indiqué qu'ils concentreraient leurs activités sur des modèles de chaînes de blocs privés ou avec permission²¹.

Blockchain fédérée avec permission

Exemples : Plusieurs applications pour Corda, Hyperledger et Quorum, Libra (proposition), Aion Network

Le terme « fédéré » pour qualifier une blockchain, parfois également appelé « consortium », est utilisé de différentes façons. Certains nœuds principaux présélectionnés collaborent pour vérifier les transactions et aucun nœud seul ne dispose d'une autorité globale. Par exemple, le secteur bancaire pourrait adopter des registres distribués fédérés pour être en mesure de procéder à une tenue de registres interexploitable pluridisciplinaire²². Les chaînes de blocs fédérées réduisent la redondance des données, améliorent l'efficacité des communications, et peuvent facilement être adaptées. En 2019, 29 % des cadres internationaux ont signalé qu'ils envisageaient les chaînes de blocs de consortium²³. Le terme « fédéré » peut également renvoyer aux efforts déployés pour rendre interexploitables différents types de chaînes de blocs, comme l'Aion Network au Canada, dont le protocole relie ensemble d'autres types de protocoles dans un modèle de réseau en étoile²⁴.

¹⁷Fran Casino, Thomas K. Dasaklis, et Constantinos Patsakis, « A systematic literature review of blockchain-based applications: Current status, classification and open issues », *Telematics and Informatics*, vol. 36, 2019, p. 57.

¹⁸Shermin Voshmgir, « Blockchains & Distributed Ledger Technologies », *Blockchainhub Berlin*, 2019 : <https://blockchainhub.net/blockchains-and-distributed-ledger-technologies-in-general/>

¹⁹Deloitte Insights, *Deloitte's 2019 Global Blockchain Survey: Blockchain gets down to business, 2019*, p. 31 : https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/se/Documents/risk/DL_2019-global-blockchain-survey.pdf

²⁰« Blockchain Beyond the Hype: A Practical Framework for Business Leaders », *World Economic Forum*, 2018 : http://www3.weforum.org/docs/48423_Whether_Blockchain_WP.pdf

²¹Dans l'ensemble, 50 % d'entre eux ont répondu par l'affirmative à la question sur la blockchain privée (à l'interne), alors que 45 % ont répondu par l'affirmative à la question sur la blockchain avec permission. *Deloitte Insights, Deloitte's 2019 Global Blockchain Survey: Blockchain gets down to business, 2019*, p. 31.

²²Casino, Dasaklis, et Patsakis 2019, p. 57.

²³Deloitte Insights, *Deloitte's 2019 Global Blockchain Survey: Blockchain gets down to business, 2019*, p. 31.

²⁴« Learn What is AION: the Most Comprehensive Guide Ever », *Blockgeeks*, <https://blockgeeks.com/guides/what-is-aion/>

Contrats intelligents

Instrument clé de nombreux cas pratiques pour la blockchain, le **contrat intelligent**²⁵ exécute les conditions d'un contrat sans avoir besoin d'une tierce partie de confiance pour en faire la surveillance. Dans le contexte d'une blockchain, un contrat intelligent exécute un contrat au moyen d'un code préétabli et élimine ainsi la nécessité de faire affaire avec un gouvernement ou une institution financière²⁶. Les contrats intelligents renferment différentes vulnérabilités, notamment la nécessité d'évaluer la qualité d'un produit avant l'exécution du contrat et le potentiel de défaillances dans le code, lesquelles ne peuvent pas être éliminées une fois les contrats établis²⁷. Cependant, les contrats intelligents constituent le concept fondamental de nombreuses applications de la blockchain (parfois appelées **applications décentralisées**) et utilisent souvent des **jetons de sécurité** ou des **jetons utilitaires** pour transférer des biens numériques qui pourraient générer un rendement des investissements ou favoriser des comportements particuliers, respectivement.

Cryptomonnaie et blockchain : Liées mais dans des mondes distincts

Alors que certaines entreprises œuvrent à la fois dans les secteurs des cryptomonnaies et des chaînes de blocs, les consultants de l'industrie ayant contribué à la présente étude s'identifiant fréquemment comme des entreprises de la blockchain ou de cryptomonnaies ont précisé qu'ils avaient des priorités différentes, observaient des tendances différentes, et subissaient des pressions différentes quant au marché du travail et à la réglementation.



Je fais une différence entre blockchain et bitcoin, mais je peux parler des deux sujets. Je crois que la blockchain est surévaluée, mais que l'écosystème du bitcoin au Canada est vraiment évolué par rapport à d'autres entreprises.

- Maciej Cepnik, Veriphi



Nous œuvrons davantage dans un marché d'identité et n'avons donc pas les préoccupations d'autres organisations de la blockchain en matière de valeurs et de cryptomonnaies. Ce serait plutôt dans le monde des jetons, dans son propre écosystème. Il existe une grande différence sur les plans philosophique, motivationnel et culturel. Même s'ils misent tous les deux sur la blockchain, il s'agit de mondes très différents.

- Alex Todd, ReliablyME

Cependant, certains des intervenants ont fait remarquer que cette division pourrait avoir fait surface après plusieurs scandales liés aux cryptomonnaies au Canada et qu'elle se résorberait d'elle-même au fur et à mesure que ces « mauvais joueurs » sont progressivement éliminés par la réglementation et le temps. L'adoption de chaînes de blocs privées sans jetons vient possiblement de cette même source, de sorte que les chaînes de blocs publiques pourraient connaître une recrudescence si les cryptomonnaies réussissent à rétablir leur image publique.

Bien que le présent rapport traite surtout des cas pratiques de la blockchain et sans lien avec les cryptomonnaies, des données sur des entreprises de cryptomonnaies et plusieurs tendances connexes sont également présentées.

²⁵Nick Szabo, « Smart Contracts », 1994 : <http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>

²⁶Ibidem.

²⁷Nicolai Aztei, Massimo Bartoletti, et Tiziana Cimoli, « A Survey of Attacks on Ethereum Smart Contracts (SoK) », *Proceedings of the 6th International Conference on Principles of Security and Trust*, vol. 10204, p. 164-186, 22 au 29 avril 2017.





Quand la blockchain est-elle la bonne solution?



Pourquoi utilisons-nous la blockchain? Fondamentalement, c'est parce que nous n'avons pas besoin d'être une tierce partie de confiance lorsque les gens nous envoient leurs données. C'est là la preuve que nous tenons nos engagements, un élément essentiel de notre promesse de marque voulant que nous laissions les gens contrôler leurs propres identifiants. Dans notre cas, nous croyons que la technologie nous permet de le faire, garantissant ainsi que nous ne stockons pas vos données.

– Alex Todd, ReliablyME

Dans les sections suivantes, des portraits de l'industrie et des applications canadiennes existantes présenteront un aperçu des mises en œuvre pratiques de la blockchain. Toutefois, plusieurs études ont commencé à recenser des éléments clés qui étayent l'application utile de la blockchain²⁸. Toute organisation qui envisage la blockchain doit se poser certaines questions, notamment :

-  • Avons-nous besoin de stocker des données en permanence?
-  • Dans l'affirmative, avons-nous besoin de plus d'un auteur ou rédacteur des données?
-  • Dans l'affirmative, existe-t-il un rapport de confiance entre les auteurs?
-  • Dans la négative, avons-nous un accès continu à une autorité ou tierce partie de confiance dont nous sommes satisfaits des services et qui peut surveiller la qualité des données ou des transactions?²⁹

Surtout, une organisation n'ayant aucun problème de rapport de confiance et de consensus chez ses auteurs pourrait tout de même choisir un registre distribué privé ou fédéré plutôt qu'une solution comme une base de données infonuagique au sein d'un réseau privé virtuel, soulignant ainsi l'importance des différences entre les solutions « privées » et « privées avec permission » de la blockchain. En d'autres termes, une évaluation de l'utilité de la blockchain devrait tenir compte de ses propositions de base, soit la confiance, le consensus et l'immutabilité, ainsi que des permissions ou des principes décentralisés propres aux différents besoins des organisations³⁰.

²⁸Par exemple, Sin Kuang Lo, Xiwei Xu, Yin Kia Chiam, et Qinghua Lu, 2017. « Evaluating suitability of applying blockchain ». *Proceedings of the 22nd IEEE*

²⁹International Conference on Engineering of Complex Computer Systems, ICECCS, p. 158-161, 5 au 8 novembre 2017.

Karl Wüst et Arthur Gervais, « Do you need a Blockchain? », *Proceedings of the 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*, 20 au 22 juin 2018.

³⁰Kaspars Zile et Renāte Strazdiņa, « Blockchain Use Cases and Their Feasibility », *Applied Computer Systems*, 2018 (23), no 1, p. 12-20 : 16.

Quand la blockchain n'est-elle pas la bonne solution?

Comme pour toutes les nouvelles technologies, le potentiel global de changement qu'offre la blockchain n'est pas encore déterminé³¹. Même si la blockchain ne révolutionne pas réellement le monde tel que nous le connaissons, la technologie aura sans aucun doute un impact considérable dans des secteurs clés. Il est peu probable que la blockchain soit la solution universelle à toutes les difficultés et inefficacités que nous rencontrons aujourd'hui, et ses applications pourraient mieux convenir à certaines applications. Cette section traite de plusieurs des difficultés permanentes et des critiques à l'égard de la technologie blockchain.

La critique la plus éloquente de la blockchain d'aujourd'hui concerne la fréquente complexification accrue des besoins des entreprises. Comme le précise la section précédente, il existe bon nombre de cas pratiques où une base de données bien conçue, modifiable en temps réel et gérée centralement composée de plusieurs auteurs représente une solution plus simple que la blockchain. Jumelée à des questions d'intégration des systèmes existants, sujet qui sera abordé dans la troisième section, pour de nombreuses entreprises, la blockchain n'est pas le choix le plus efficace en matière de gestion des données.

Les cas pratiques relatifs au bitcoin et aux autres mécanismes de preuve de travail connaissent encore des problèmes d'adaptabilité en raison de leur conception énergivore. Malgré sa popularité croissante et sa contribution fondamentale, la plateforme Bitcoin fait face non seulement à un problème de consommation énergétique immense (comparée récemment à la consommation énergétique totale de la République tchèque)³², mais aussi à la fluctuation des frais de transaction et des délais de traitement des transactions, en faisant ainsi un outil peu approprié pour les microtransactions. Bien que d'autres mécanismes de consensus soient en cours de développement pour tenter de résoudre ces problèmes, leur pleine mise en œuvre dans le cadre de cas pratiques de production n'a pas encore été entièrement mise à l'essai.

Encore une fois en référence à la section précédente, une vaste gamme de mécanismes de confiance efficaces est déjà en place dans les organisations « humaines », lesquels demeurent l'outil par défaut, surtout au Canada. La blockchain peut être un outil puissant pour établir un rapport de confiance entre des parties anonymes, comme des acteurs dans une chaîne d'approvisionnement ou des capteurs dans un réseau de l'Internet des objets. Cependant, les transactions réalisées entre les parties qui existent au sein d'une relation à long terme (ou d'un ensemble de normes établi) n'ont probablement pas besoin d'une blockchain pour maintenir cette confiance. Un employé a confiance que son employeur continuera de le payer deux fois par mois puisque les deux parties désirent maintenir une relation mutuellement bénéfique et des réputations honnêtes. Les humains pratiquent le commerce depuis des millénaires en faisant usage du capital social. La promesse de la blockchain d'éliminer ce besoin de confiance fait par conséquent l'objet d'un riche débat.

³¹Kasey Panetta, *5 Trends Emerge in the Gartner Hype Cycle for Emerging Technologies*, 2018, 16 août 2018 : <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/>

³²Umair Irjan, « Bitcoin is an energy hog. Where is all that electricity coming from? », *Vox*, 18 juin 2019 : <https://www.vox.com/2019/6/18/18642645/bitcoin-energy-price-renewable-china>



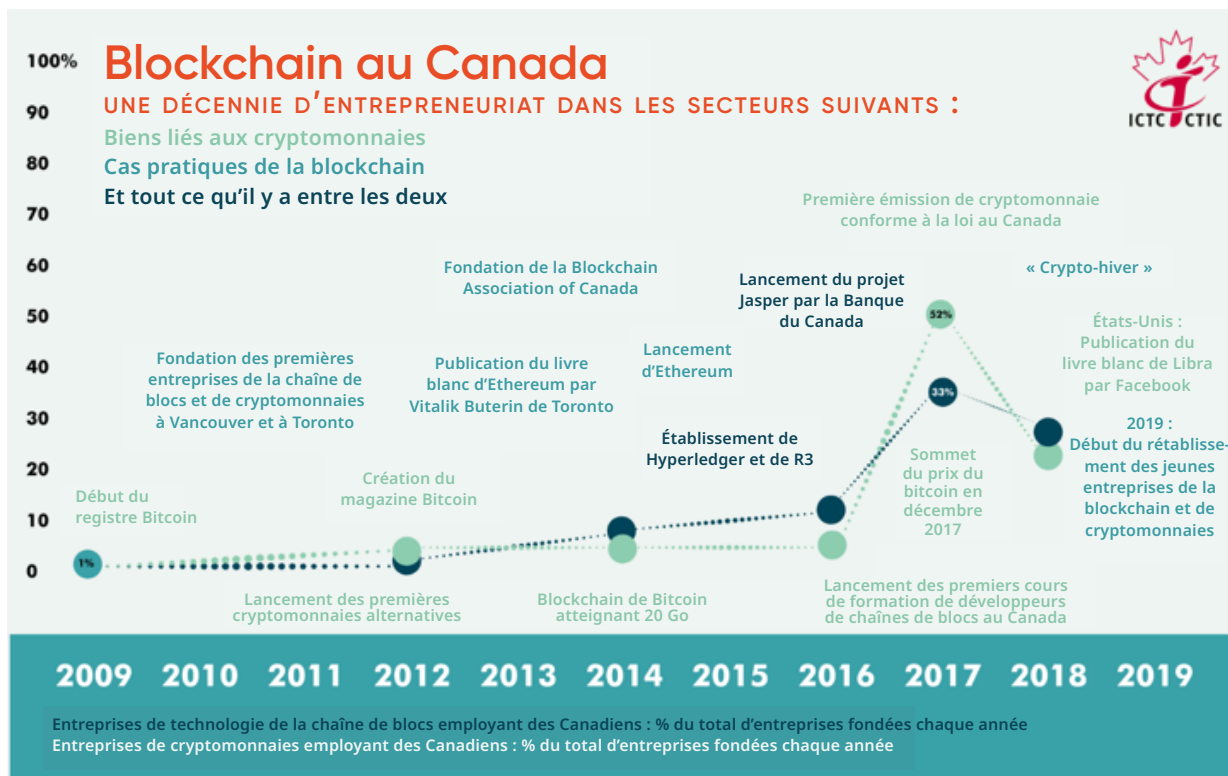
LA BLOCKCHAIN AU CANADA :

L'écosystème d'aujourd'hui

La recherche existante reconnaît le Canada comme un joueur intermédiaire dans l'écosystème mondial de la blockchain : comme pays, nous ne sommes plus le chef de file de l'innovation de la blockchain. Toutefois, notre héritage relativement à Ethereum ainsi que les recherches et les développements nouveaux et significatifs dans les pôles importants du pays signifie que nous ne sommes en aucun cas les derniers de la file. La figure 2 présente un aperçu qualitatif de la récente histoire de la blockchain au Canada, depuis les débuts du bitcoin à l'ère actuelle d'innovation d'entreprise et d'évolution des jeunes entreprises. Les tendances au fil du temps montrent la proportion de jeunes entreprises de la blockchain et de cryptomonnaies créées chaque année, illustrant les hausses et les baisses associées au prix du bitcoin et des autres monnaies.

La figure 2 n'établit aucune prévision pour les jeunes entreprises en 2019 et au-delà, mais illustre le contexte canadien actuel et ouvre la voie à une description plus précise des tendances au fil du temps et des prévisions pour l'avenir.

Figure 2: Une brève histoire de la blockchain au Canada



Plusieurs études notables ont présenté des observations clés sur les progrès de la blockchain au Canada, lesquelles sont appuyées par les consultations réalisées par le CTIC auprès de représentants de l'industrie.

Lorsqu'ils prévoient les futurs investissements de leurs entreprises dans la blockchain, les cadres canadiens démontrent un intérêt marqué, mais ils demeurent frileux quant aux risques.

En d'autres termes, de nombreuses entreprises sont familières avec la blockchain et s'y intéressent, plus que dans bien d'autres pays, mais peu d'entre elles misent sur des investissements considérables dans cette technologie. Le sondage sur la blockchain réalisé en 2019 par Deloitte (Global Blockchain Survey) incluait 103 cadres supérieurs canadiens, représentant surtout de grandes entreprises dont un peu plus de la moitié (52 %) enregistraient des recettes annuelles de plus de 1 milliard de dollars américains³³. La grande majorité d'entre elles (87 %) estimaient qu'elles investiraient dans la blockchain au cours des 12 prochains mois, un peu plus de la moitié estimant qu'elles dépenseraient plus de 1 million de dollars américains et 8 % prévoyant un investissement de 10 millions de dollars ou plus, une proportion inférieure à tous les autres pays présentés, à l'exception de Hong Kong³⁴. Les intervenants interrogés par le CTIC ont confirmé que les investisseurs et les entreprises du Canada avaient tendance à faire preuve de prudence et de modération dans leurs choix en matière d'investissements et que cette approche conservatrice n'avait pas encouragé les jeunes entreprises à vendre à des clients canadiens. Selon un des répondants, « pour chaque dollar d'affaires que vous pouvez faire au Canada, vous pouvez faire 100 \$ aux États-Unis ou 100 000 \$ en Chine ».

L'environnement réglementaire canadien a eu un impact sur les affaires.

La réglementation en vigueur pour la blockchain, les cryptomonnaies et les plateformes tokenisées est un débat complexe. Plusieurs pays ont commencé à adopter une réglementation holistique, comme la loi sur la blockchain du Liechtenstein, laquelle traite de la possession, du transfert et du stockage de biens numériques, ainsi que de l'octroi de licences et des liens avec les règlements actuels sur les valeurs (comme les exigences relatives à la lutte contre le blanchiment d'argent et à la connaissance du client), traitant les jetons comme une représentation de certains droits (p. ex. à une valeur ou à la propriété intellectuelle)³⁵. Présentement, le Canada se trouve au beau milieu de conversations sur la réglementation relative à l'économie des jetons, et les Autorités canadiennes en valeurs mobilières ont indiqué que la blockchain faisait partie de ses objectifs commerciaux stratégiques pour 2019-2022³⁶. Alors que la politique relative à la blockchain est présentement définie, plusieurs consultants de l'industrie ont fait remarquer que l'incertitude réglementaire a dissuadé plusieurs entreprises de la blockchain de rester au Canada, notamment Ethereum.

³³Le sondage incluait 12 pays de l'Amérique du Nord, de l'Amérique du Sud, de l'Europe et de l'Asie. Deloitte, 2019, p. 19.

³⁴Comparativement, 41 %, 33 % et 31 % des entreprises du Luxembourg (n = 51), de la Suisse (n = 52) et de l'Allemagne (n = 131), respectivement, ont promis des investissements de plus de 10 millions de dollars, et seule Hong Kong (n = 101) présentait une proportion d'investissements importants potentiels inférieure au Canada, à 6 %. Deloitte, 2019, p. 22.

³⁵Baker McKenzie, « Liechtenstein Government Announces New Blockchain Act », Lexology, 10 juin 2019 : <https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=b489204a-3d38-4571-9aa3-4a4e0317f151>

³⁶Autorités canadiennes en valeurs mobilières, « Plan d'affaires des ACVM, 2019-2022 », 28 mai 2019 :

https://www.autorites-valeurs-mobilieres.ca/uploadedFiles/General/pdfs_fr/Plan_daffaires_des_ACVM_2019-2022.pdf

Les gouvernements au Canada commencent à intégrer la blockchain au secteur public à une vitesse concurrentielle.

L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) précise que le Canada comptait 8 utilisations de la blockchain dans le secteur public en date de mars 2018, le plaçant dans les 10 premiers pays parmi les quelque 50 analysés³⁷. Depuis l'étude de l'OCDE, le Canada a annoncé son intention d'intégrer la technologie blockchain et l'intelligence artificielle dans la transformation numérique des ministères grâce à sa Politique sur les services et le numérique, qui entrera en vigueur en avril 2020³⁸. Les gouvernements provinciaux du Canada commencent également à explorer la blockchain, comme le projet OrgBook BC du gouvernement de la Colombie-Britannique qui s'est inspiré de la technologie blockchain pour créer un service de gestion vérifiable des identités et des enregistrements.³⁹

Le Canada dispose d'un grand bassin de talents qualifiés en matière de blockchain, mais la confiance actuelle dans les institutions de gouvernance et de finance est très élevée. Plusieurs représentants de l'industrie consultés pour cette étude ont qualifié le Canada d'incubateur hautement qualifié en matière de technologies de la blockchain et de personnel : les utilisateurs canadiens commenceront probablement à adopter la blockchain par commodité plutôt que par nécessité en raison du degré raisonnable de confiance dans les infrastructures de gouvernance et de finances existantes⁴⁰. À ce titre, le pays peut se positionner comme un important joueur dans le développement d'applications judicieuses et évolutives à l'échelle internationale, mais jusqu'à ce que les technologies de la blockchain soient plus conviviales, comme elles commencent à l'être pour certaines applications utilisateurs où les clients ne savent même pas que la blockchain est la technologie sous-jacente, plusieurs croient qu'il est peu probable que l'utilisateur canadien moyen ressentira le besoin pressant d'adopter la blockchain.



Trop d'entreprises de la blockchain visent les consommateurs à des fins de commodité, mais dans d'autres marchés et pays où la plupart des gens n'ont même pas de comptes bancaires, la blockchain est plus un besoin qu'une commodité. C'est là que le Canada pourrait vraiment en tirer profit et provoquer une adoption de masse : développer un produit qui est fiable sur le plan technologique et qui peut être réellement mis en œuvre pour surmonter les obstacles dans les marchés émergents.

- Lucia Gallardo, Emerge

Cependant, comme technologie émergente comportant une communauté dynamique de contributeurs, la blockchain ne peut pas être mesurée uniquement en fonction des investissements ou de son adoption. Dans la partie qui suit, le CTIC examine l'écosystème de la blockchain selon plusieurs optiques, soit par des portraits de l'industrie et des cas pratiques, une analyse de différentes régions du Canada, ainsi que la formation et le marché du travail. Cette section est guidée par une synthèse des engagements formulés par plus de 30 consultants de l'industrie⁴¹, les données existantes sur la blockchain au Canada, et un ensemble de données du CTIC sur les entreprises de la blockchain qui embauchent des Canadiens.

³⁷Jamie Berryhill, Théo Bourgeri, et Angela Hanson, « Blockchains Unchained: Blockchain Technology and its use in the Public Sector », Documents de travail de l'OCDE sur la gouvernance publique, no 28, 2018, Éditions OCDE, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/3c32c429-en>

³⁸Politique sur les services, gouvernement du Canada, 2 août 2019 : <https://www.tbs-sct.gc.ca/pol/doc-fra.aspx?id=27916>
ISBN : 978-0-660-09950-7

³⁹Pour de plus amples renseignements, visitez « OrgBook BC: Public Beta » sur le site Web du gouvernement de la Colombie-Britannique à l'adresse <https://orgbook.gov.bc.ca/en/home>

⁴⁰Par exemple, sur l'indice mondial de confiance d'Edelman, le Canada se classait un peu plus haut que la moyenne mondiale en 2019 (56 % au Canada par rapport à 52 % selon un échantillon de 26 pays pour la population générale). 2019 Edelman Trust Barometer Global Report, p. 6 :

https://www.edelman.com/sites/g/files/aatuss191/files/2019-03/2019_Edelman_Trust_Barometer_Global_Report.pdf

⁴¹Consulter l'annexe A pour des détails sur la méthodologie qualitative de l'étude.

Les voix de l'écosystème de la blockchain du Canada : Consultations auprès de l'industrie

Dans le cadre de son projet, le CTIC a reçu l'appui de plus de 30 membres des communautés de la blockchain et des cryptomonnaies du Canada grâce à une combinaison de 24 entrevues approfondies et de 2 autres groupes de discussion sur les conclusions préliminaires sous la forme d'un comité consultatif. En raison de la nature émergente de la blockchain, autant comme sujet que technologie, les consultations auprès de l'industrie avaient un intérêt inestimable pour la présente recherche.

Les voies vers la blockchain

Bon nombre des représentants de l'industrie consultés par le CTIC étaient des entrepreneurs prospères, des professionnels des technologies ou des experts-conseils ayant adopté la blockchain lorsqu'ils ont découvert le concept, notamment lors d'une conférence, par le biais d'un article de presse, d'une vidéo WIRED, dans un groupe Meetup ou d'autres circonstances fortuites. D'autres travaillent au sein de grandes entreprises qui reconnaissent l'importance de développer une expertise de la blockchain pour demeurer des chefs de file dans leurs secteurs. Les membres de l'industrie qui ciblent davantage les cryptomonnaies ont souvent découvert cet écosystème lors de leurs premiers investissements dans le bitcoin, d'autres sont demeurés uniquement dans le secteur des services de cryptomonnaies, alors que d'autres ont étendu leurs activités vers d'autres utilisations de la technologie blockchain.

Secteur, type d'organisation et taille

Comme l'illustre la figure 3, les consultants interrogés par le CTIC et les groupes de discussion représentaient une grande diversité d'organisations, des jeunes entreprises à revenus subséquents aux grandes entreprises, en passant par les éducateurs et les organismes sans but lucratif. La plupart provenaient d'organisations relativement petites, et environ un tiers des participants (30 %) provenaient d'entreprises de plus de 500 employés. La rareté des moyennes entreprises pourrait être attribuable au fait que la blockchain n'en est qu'à ses balbutiements comme technologie : bien que les grandes entreprises existantes aient commencé à adopter la blockchain, peu de jeunes entreprises spécialisées ont eu le temps d'accroître leurs effectifs à plus de 100 employés au Canada.

Les consultants de l'industrie représentaient une grande variété de secteurs et de cas pratiques liés à la blockchain, comme l'illustre également la figure 3. De plus, ils ont été choisis pour prêter leur voix à l'ensemble du pays, surtout la Nouvelle-Écosse, le Québec, l'Ontario, la Saskatchewan, l'Alberta et la Colombie-Britannique.

Les entrevues, consultations, et groupes de discussion

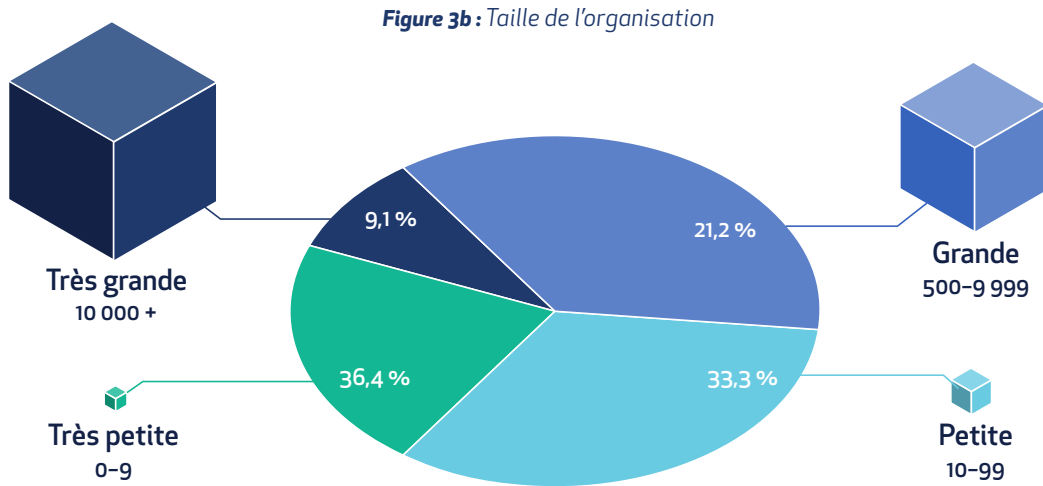
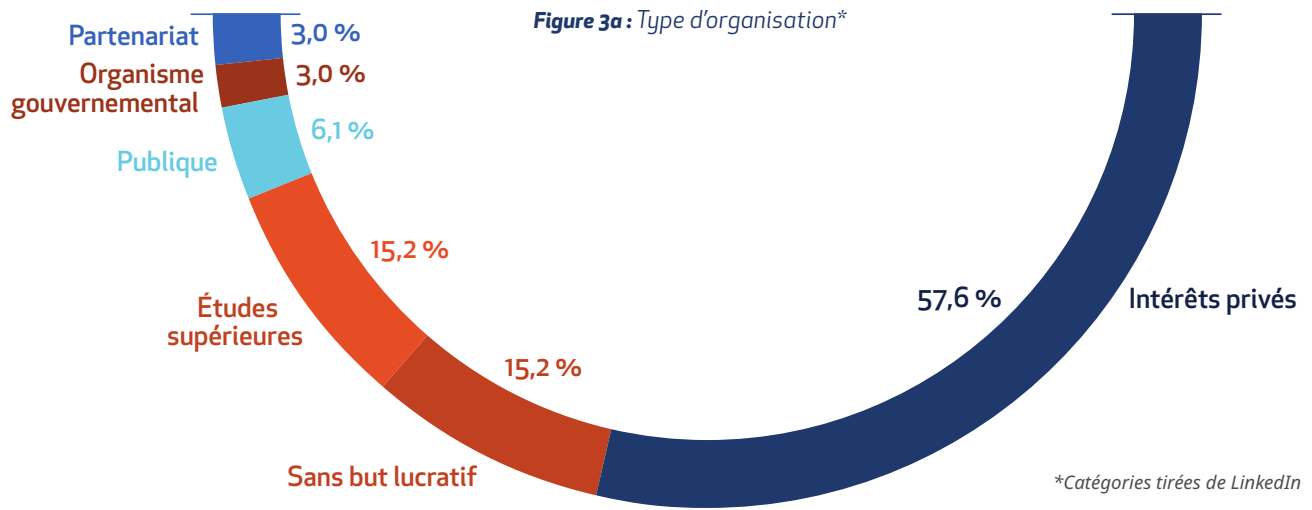


Figure 3c : Secteurs représentés

- Expertise-conseil : Adoption de la blockchain, talents, investissements, juridique
- TIC et logiciels
- Éducation : Postsecondaires et certificat
- Gestion de l'identité et des identifiants
- Énergie, environnement et services publics
- Associations et consortiums d'industries
- Divertissement, médias et jeu
- Détail et consommateur
- Finances, technologie financière et cryptomonnaies
- Gestion de la chaîne d'approvisionnement

Source: CTIC

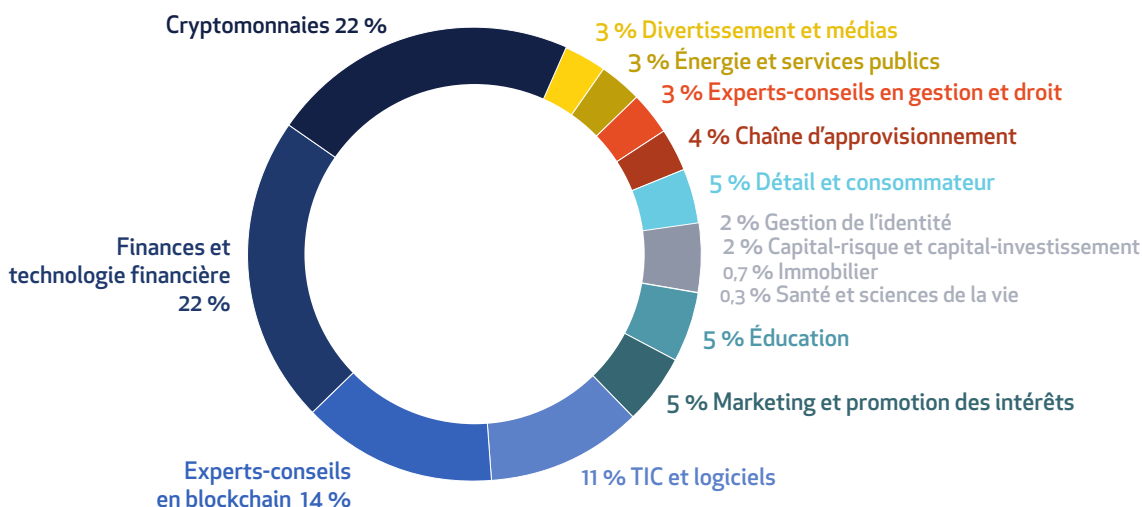
L'utilisation de la blockchain au Canada : Aperçus de l'industrie et des cas pratiques

Au Canada et ailleurs dans le monde, les nouvelles propriétés de la blockchain liées à l'hébergement de données distribuées, à la traçabilité et à l'immutabilité ont suscité diverses idées de cas pratiques. Les mêmes concepts facilitant l'utilisation des cryptomonnaies appuient d'autres applications financières : par exemple, un contrat intelligent pourrait permettre à deux pairs sans rapport de confiance de placer un pari ne nécessitant pas d'intermédiaire, et la blockchain comme registre distribué peut faciliter les paiements interbancaires et le règlement des opérations sur titres, comme le démontre le projet canadien Jasper⁴². En plus des applications financières, le potentiel de la blockchain de soutenir l'interopérabilité entre des systèmes en circuit fermé et d'éviter le stockage centralisé et la possession de données personnelles, parmi d'autres applications potentielles, a des répercussions en ce qui concerne notamment la gestion des données et des identités numériques, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, les médias numériques, les soins de santé et le gouvernement électronique.

Entreprises canadiennes par secteur : Quels types d'organisations composent l'écosystème?

Environ 60 % des entreprises canadiennes de la blockchain offrent des services liés aux cryptomonnaies, aux finances, à la technologie financière et à l'expertise-conseil de la blockchain. Ces groupes et les cas pratiques qui y sont associés sont examinés de plus près à la figure 6, juste après une présentation des données complètes de l'industrie découlant du présent rapport. La figure 4 montre les résultats de la recherche primaire du CTIC sur les entreprises de la blockchain au Canada. Au total, 288 entreprises de chaînes de blocs et de cryptomonnaies ont été groupées par secteurs, et le nombre d'entreprises en 2019 dans chaque secteur est précisé dans cette figure. Le CTIC a également recueilli des données sur 138 autres entreprises qui n'ont pas été incluses dans le diagramme circulaire soit parce que leur modèle opérationnel était insondable ou qu'elles n'employaient pas d'employés canadiens identifiables.

Figure 4: Secteurs des entreprises canadiennes de la blockchain, 2019



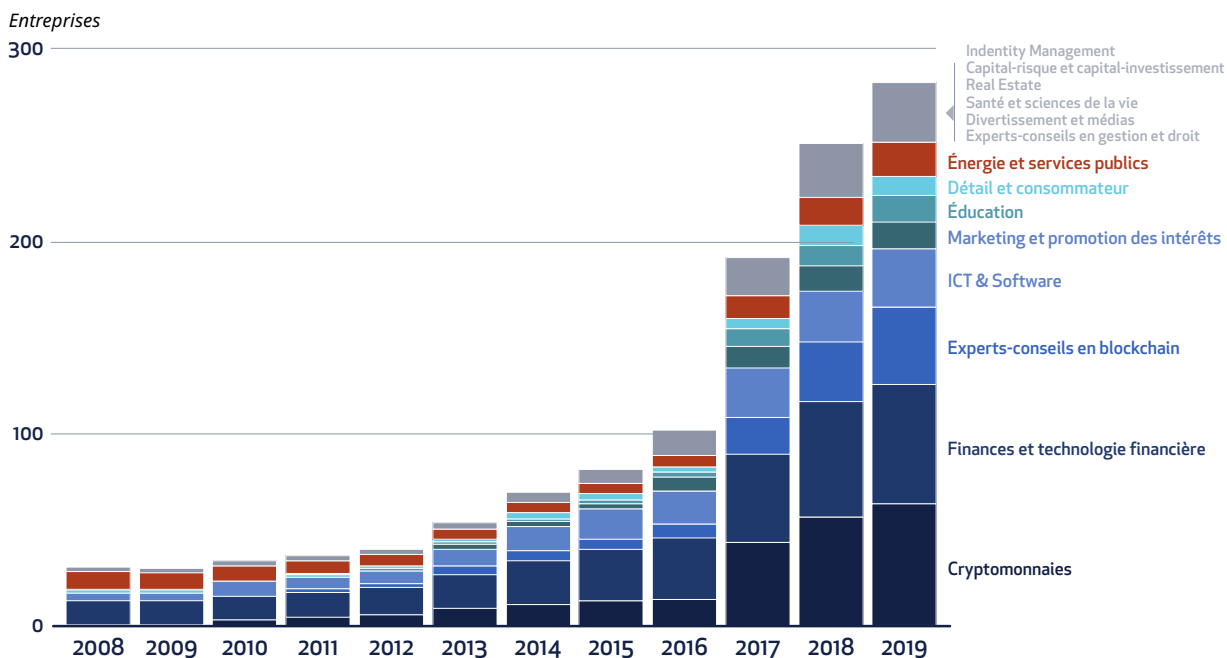
Source: CTIC À l'exclusion des entreprises non vérifiées

⁴²Les phases I, II et III du projet Jasper étaient des partenariats entre Paiements Canada, TMX Group, la Banque du Canada, Accenture et R3. Elles avaient pour but d'évaluer la technologie des registres distribués et son potentiel pour l'infrastructure financière au Canada. La phase III a permis de constater que plusieurs aspects de la technologie des registres distribués semblent prometteurs, notamment l'intégration de différentes infrastructures sur le marché financier, concluant qu'un élargissement de la preuve de concept pour inclure d'autres biens et volets du commerce serait nécessaire pour vérifier le potentiel de la technologie des registres distribués à améliorer l'efficacité des transactions. Voir Jasper Phase III: Securities Settlement Using Distributed Ledger Technology, octobre 2018 : https://www.payments.ca/sites/default/files/jasper_phase_iii_whitepaper_final_0.pdf

La figure 5 montre aussi la ventilation dans le temps de l'industrie de la blockchain. Elle montre l'explosion des activités commerciales dans l'écosystème canadien de la blockchain. Le taux de croissance le plus élevé du nombre d'entreprises recensées dans le cadre de la recherche du CTIC a été observé en 2016-2017. En ce qui concerne les taux de croissance des secteurs, les entreprises de cryptomonnaies sont celles ayant connu la croissance la plus rapide à partir de 2015, mais la différence dans les taux de croissance entre les secteurs est mince : différentes composantes de l'écosystème de la blockchain croissent apparemment à des rythmes similaires. Nous observons également que quelques secteurs sont apparus plus récemment : par exemple, les applications de la blockchain dans les secteurs des soins de santé et des biens réels sont apparues au Canada en 2017 seulement et seule une poignée d'entreprises de la blockchain ciblent ces secteurs.

Une tendance visuelle claire indique un ralentissement de la croissance depuis la fin de 2017 (le début de ce qu'on appelle communément le « crypto-hiver », à la suite de la chute du prix du bitcoin et au début de la poursuite de Quadriga au Canada). La valeur pour 2019 se fonde seulement sur la première moitié de l'année et il s'agit donc d'une sous-estimation. Néanmoins, il semble y avoir un ralentissement de la croissance des nouvelles entreprises de la blockchain depuis 2016-2017, époque où le nombre d'entreprises de ce secteur avait presque doublé. De 2017 à 2018, le nombre d'entreprises de la blockchain au Canada a augmenté d'environ 30 %, alors que le nombre de nouvelles entreprises de ce type connaîtra une hausse de 25 % en 2019 si les tendances de croissance de la première moitié de 2019 se poursuivent. Ainsi, la croissance du nombre d'entreprises de la blockchain est encore plutôt solide, mais beaucoup moins rapide que son sommet précédant le crypto-hiver.

Figure 5 : Secteurs de la blockchain dans le temps



Source : CTIC Remarque : Valeur de 2019 fondée sur la première moitié de l'année

Cas pratiques de la blockchain et leur relation avec l'industrie

Au Canada, bon nombre d'applications de la blockchain, et surtout celles utilisées en dehors des applications financières, se trouvent toujours dans la phase de preuve de concept,

ce qui correspond aux estimations mondiales voulant que seulement 15 % des organisations caractérisent leurs applications de la blockchain comme étant « réelles⁴³ ». Par conséquent, près d'un cinquième (18 %)⁴⁴ des organisations consacrées à la blockchain au Canada peuvent être considérées comme une « entreprise d'expertise-conseil en blockchain », c'est-à-dire des organisations qui s'associent avec des entreprises pour les aider à élaborer une solution personnalisée ou une preuve de concept ou à se préparer aux changements que la blockchain pourrait amener au sein de leur industrie.

Plusieurs intervenants interrogés ont suggéré que la nature émergente de la technologie blockchain signifie qu'il est jusqu'à présent trop difficile de déterminer quelle preuve de concept connaîtra du succès et laquelle il sera plus facile à mettre en œuvre au moyen d'une technologie plus simple, et c'est en partie attribuable à la nouveauté relative des plateformes de la blockchain : certains consultants de l'industrie ont fait remarquer qu'Ethereum tente encore de régler les problèmes, et les solutions d'entreprise comme Hyperledger travaille toujours à la normalisation et au soutien des clients. Ainsi, la prolifération de solutions de blockchain qui ne sont pas éprouvées par le temps n'aide pas une nouvelle entreprise à choisir une plateforme qui, selon elle, demeurera pertinente et utilisable pendant de nombreuses années.

Dans un marché caractérisé par la recherche et le développement exploratoires, la blockchain est actuellement mieux représentée dans les industries et les secteurs où elle présente un cas pratique plus approprié et développé.

Les cas pratiques en finances et technologie financière sont généralement perçus comme les plus développés pour la blockchain au Canada, les applications émergentes dans les secteurs de la chaîne d'approvisionnement et de l'identité, notamment, prenant de la vigueur. La figure 6 présente une vaste gamme de cas pratiques s'appliquant à la blockchain au Canada, en plus d'une ventilation ciblant les cas pratiques d'entreprises que le CTIC a identifiées comme œuvrant dans le secteur de la blockchain.

⁴³PwC Global, PwC Global Blockchain survey, 2018 : <https://www.pwc.com/gx/en/issues/blockchain/blockchain-in-business.html>

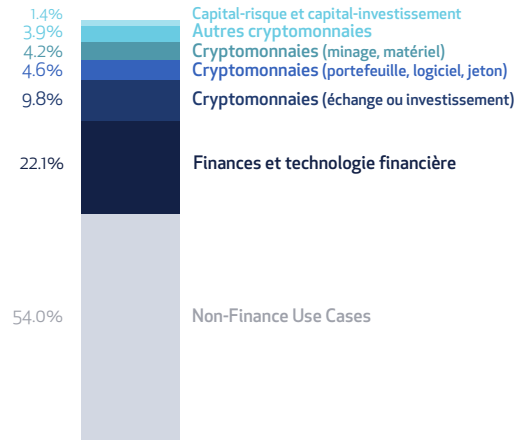
⁴⁴Selon un échantillon d'entreprises de la blockchain employant des Canadiens, à l'exclusion des entreprises ciblant principalement les cryptomonnaies.

Services financiers et technologie financière

Les propriétés de la blockchain permettent une tenue de dossiers identifiable et simultanément conciliable entre différentes parties sans nécessiter de rapport de confiance, facilitant ainsi les applications comme les paiements transfrontaliers et interdevises.

En plus des services financiers et de la technologie financière, les applications de cryptomonnaies peuvent inclure des solutions numériques (comme des portefeuilles, des logiciels ou des jetons), des services (comme des échanges et des conseils d'investissements), et des services liés au matériel et au minage, parmi de nombreux autres cas pratiques pour les biens numériques.

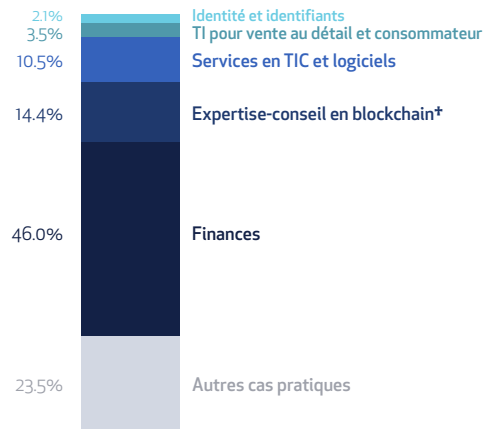
Entreprises de la blockchain dans le domaine des finances*



Technologies de l'information et des communications (TIC)

En tant que registre distribué, plusieurs des cas pratiques de la blockchain sont liés aux services des TIC. Les entreprises peuvent créer du matériel ou des logiciels de la chaîne de blocs ou offrir une expertise-conseil en blockchain pour aider les autres organisations à développer leurs propres solutions.

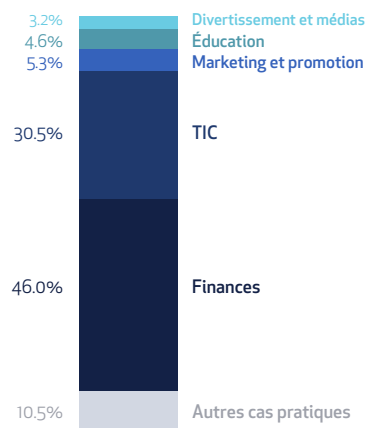
Entreprises de la blockchain dans le domaine des TIC*



Industries culturelles et éducation

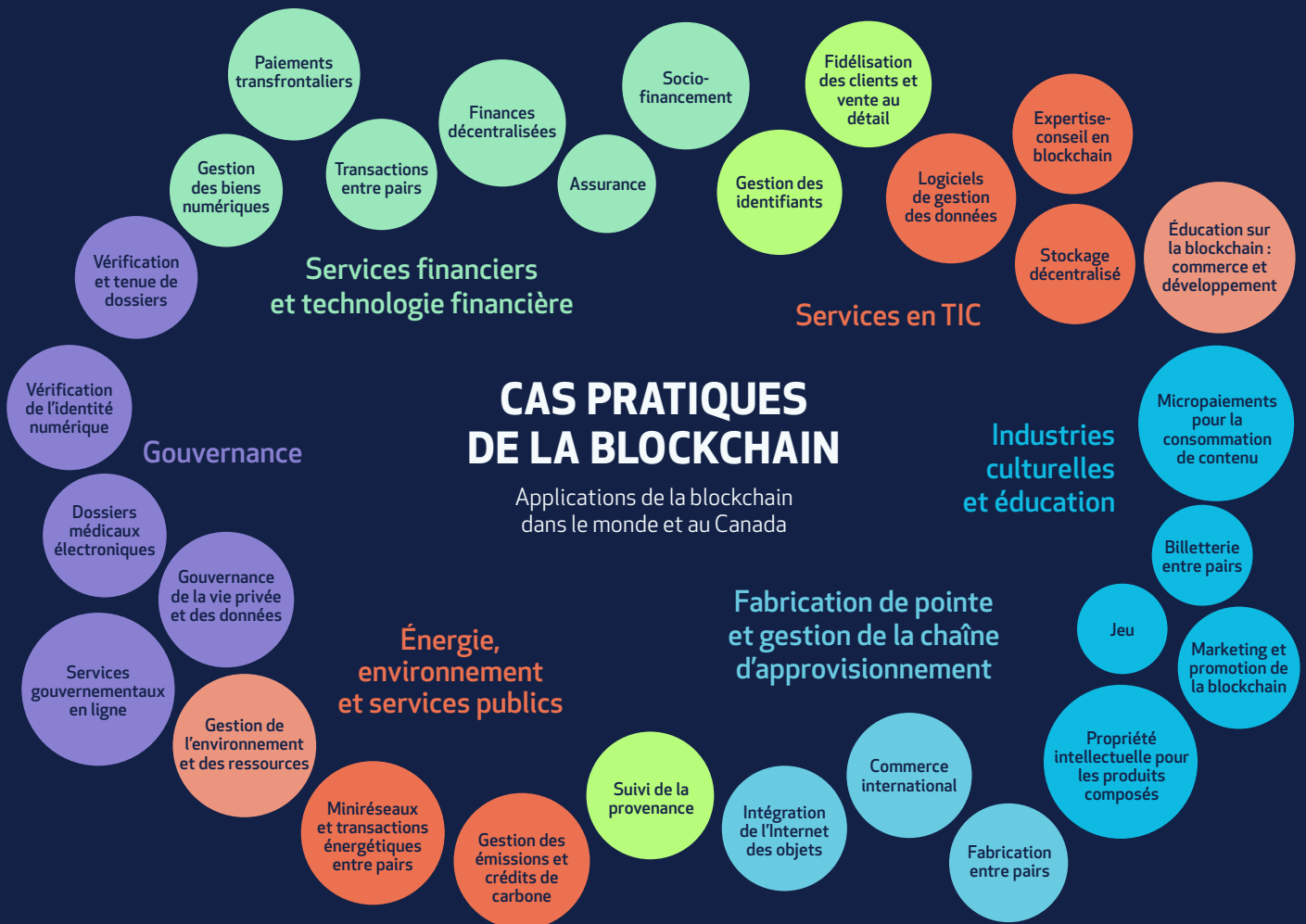
La blockchain se trouve autant à l'arrière-plan des industries culturelles, suivant la trace de la propriété intellectuelle et facilitant la création de contenu, qu'en avant-plan de la scène culturelle : les défenseurs et les éducateurs de la blockchain répondent à la demande pour des développeurs de la blockchain et des experts ayant le sens des affaires.

Entreprises de la blockchain dans les domaines de la culture et de l'éducation*



*Les données représentent un échantillon d'entreprises employant des Canadiens (n = 285) et leur activité principale.

† L'expertise-conseil en blockchain et les services logiciels et des TIC diffèrent selon qu'il s'agisse d'une entreprise offrant principalement des solutions personnalisées de la blockchain ou un produit de planification (expertise-conseil) ou préexistant (logiciels, TIC).



Dans l'écosystème de la blockchain du Canada, lorsque les secteurs sont regroupés dans de larges groupes thématiques, les services financiers, les services de TIC, les industries culturelles, les médias numériques et l'éducation arrivent en tête.

Les services financiers et la technologie financière sont souvent cités comme étant la base de la plupart des cas pratiques les plus courants en blockchain, et ce secteur a eu une longueur d'avance dans le développement d'applications de la blockchain, mais l'écosystème de l'industrie a commencé à se montrer plus diversifié alors que d'autres secteurs commencent à développer des preuves de concept.⁴⁵

⁴⁵Gartner signale que les services financiers sont passés de 82 à 46 % des cas pratiques déclarés de la blockchain dans le monde entre 2017 et 2018. Voir « Blockchain potential and pitfalls », Gartner : <https://www.gartner.com/en/webinars/3878710/blockchain-potential-and-pitfalls>

Several interviewees in different blockchain fields described the reasons why they chose to situate their business in a particular use case: whether mature or up-and-coming, blockchain is exciting to many entrepreneurs and established businesses as an opportunity to create entirely novel applications.

LE SUIVI DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE DANS LES MÉDIAS CULTURELS

Manuel Badel, Badel Media

« La propriété intellectuelle, la gestion des droits et la monétisation des droits pour les créateurs, producteurs et toutes les différentes parties qui participent à la production de contenu, au financement et à la distribution font partie d'un cas pratique qui est important pour moi. Comment peut-on les protéger adéquatement et comment la blockchain peut-elle leur être utile par la création de solutions de suivi capables de composer avec la multiplication des plateformes numériques d'aujourd'hui? Ce sont des plateformes où les gens peuvent créer, modifier et partager du contenu par le biais des réseaux sociaux et de diverses applications. Il est tellement facile d'accéder à du contenu dans un format numérique que nous en perdons la traçabilité, et les créateurs originaux sont de plus en plus perdus et ne sont pas toujours rémunérés de façon appropriée et efficace. »

GESTION DE CONTRATS NUMÉRIQUES POUR LE COMMERCE NUMÉRIQUE

David Sopuch, Avetti Commerce

« Le but de la blockchain est de disposer d'un registre immuable. Si un vendeur et un acheteur négocient un prix dans le cadre d'une transaction entre entreprises, il y aura du va-et-vient dans les négociations : si les deux parties ne s'entendent pas sur ce qu'était l'entente finale, elles pourraient essentiellement présenter toutes les deux une capture d'écran de la transaction. Alors comment prouver que le contrat a changé ou n'a pas changé, surtout à une époque où des pirates auraient pu modifier quelque chose? La blockchain devient alors très importante sur les marchés et pour le commerce électronique entre entreprises. »

GESTION DE LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT

Erik Valiquette, Canadian Blockchain Supply Chain Association (CBSA)

« Dans l'exemple de la laitue, que j'aime utiliser pour illustrer la blockchain de la chaîne d'approvisionnement, la chaîne d'approvisionnement commence par la personne qui vend la semence au producteur agricole. Le producteur plante la semence, puis il y a une autre personne qui s'occupe des pesticides, et il y a peut-être même des capteurs de l'Internet des objets pour vérifier la température et l'humidité. Ensuite, quelqu'un récolte le produit, un transporteur l'achemine à l'acheteur ou au distributeur local, à l'entrepôt, pour la cueillette, la livraison, les douanes et le transport. Vous pouvez consigner l'emplacement, les itinéraires, le délai de livraison, la température, l'humidité, différents points de contact, jusqu'au consommateur, pendant que des humains et des capteurs saisissent les données. Aujourd'hui, bon nombre de ces étapes se font encore sur papier. Il est donc important d'introduire une source partageable de confiance d'informations numériques et d'éliminer la lourde paperasserie physique. »

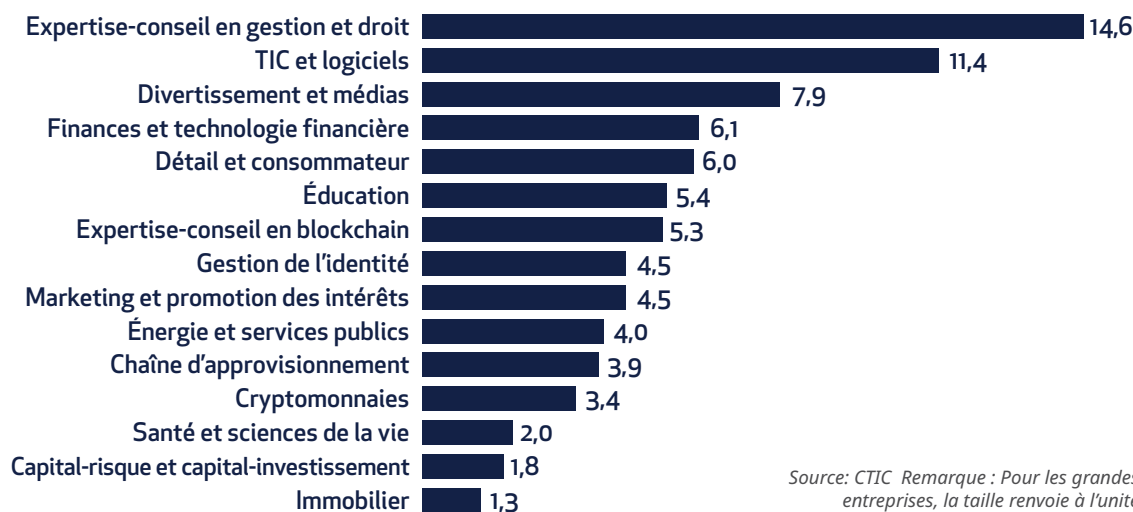
FINANCES DÉCENTRALISÉES

Alim Khamisa, Alkemi

« Situées au carrefour des produits financiers et des réseaux décentralisés, les finances décentralisées consistent en fait à dégrupper le fardeau financier en un système sans permission, ouvert à tous partout dans le monde. Le but ultime est d'éliminer l'intermédiaire et de faire abstraction du filet de "confiance" des institutions centralisées, permettant ainsi un meilleur accès aux produits et services financiers et un mouvement des valeurs plus fluide. »

Dans une autre illustration des différences d'évolution par cas pratique ou industrie, la taille moyenne des entreprises liées à la blockchain diffère selon le type d'entreprise. La figure 7 montre le nombre moyen de travailleurs des entreprises de la blockchain (ou unités opérationnelles des grandes entreprises) par industrie. Des unités opérationnelles sont présentes dans les grandes entreprises établies puisqu'elles reflètent mieux la « taille » des activités de la blockchain des grandes entreprises, comme les sociétés d'experts-conseils et les cabinets d'avocats traditionnels, plutôt que d'inclure la pleine taille de l'entreprise, qui se traduit souvent par des dizaines de milliers d'employés. Les industries établies, comme dans le secteur des logiciels et de la technologie financière, ont souvent beaucoup plus d'employés, alors que les domaines d'applications émergents, comme les biens réels et les sciences de la vie, en ont moins. Les entreprises d'expertise-conseil en gestion et en droit sont souvent des sociétés plus grandes qui existent déjà.

Figure 7 : Nombre moyen de travailleurs en blockchain par entreprise ou unité opérationnelle, par industrie, Canada 2019



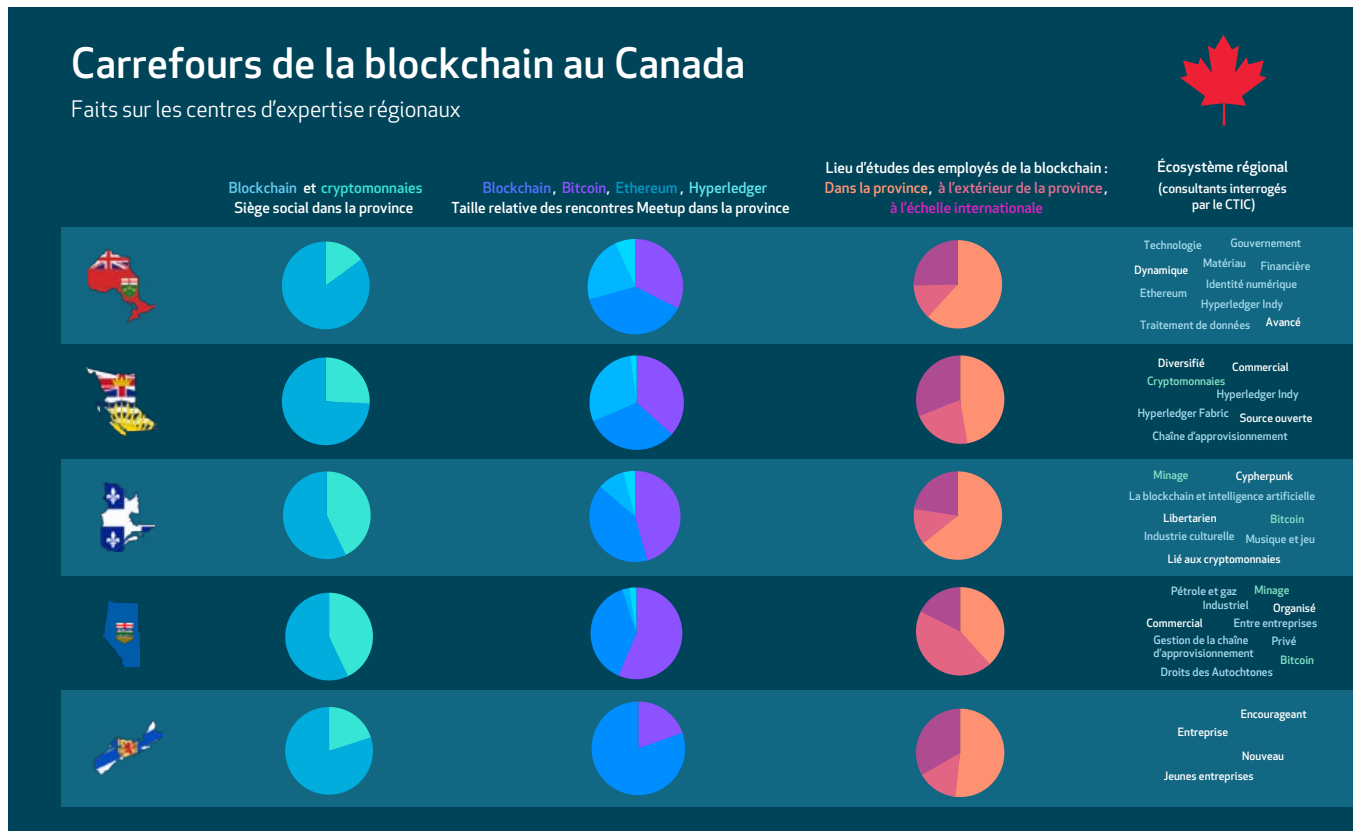
Source: CTIC Remarque : Pour les grandes entreprises, la taille renvoie à l'unité fonctionnelle de la chaîne de blocs.

La blockchain au Canada : Écosystèmes régionaux

Bon nombre de consultants de l'industrie datent le début de la blockchain telle que nous la connaissons aujourd'hui à la création non pas du bitcoin, mais d'Ethereum, créée au Canada, qu'un des consultants interrogés a qualifié de « deuxième génération de la blockchain ». Ethereum a été le premier protocole complet au sens de Turing de la blockchain, permettant aux développeurs de l'utiliser pour établir des contrats intelligents et créer des applications décentralisées. Les consultants interrogés ont fait remarquer qu'Ethereum a d'abord été proposé en 2013, émergent d'une communauté Meetup de Toronto composée des fondateurs Vitalik Buterin, Mihai Alisie et Anthony Di Iorio, les deux premiers ayant plus tard déménagé en Suisse pour des raisons réglementaires.

Bien que la blockchain soit maintenant un phénomène international, le Canada demeure l'une de ses communautés fondatrices clés, et le réseau de développeurs et de jeunes entreprises lié à Toronto demeure fort. Toutefois, au-delà de l'Ontario, des régions de partout au pays commencent à développer leur propre réputation en matière de chaînes de blocs et de cryptomonnaies. Les cinq provinces comportant le plus grand nombre d'entreprises de la blockchain basées au Canada sont présentées à la figure 8, en plus de données supplémentaires sur les plateformes de la blockchain qui sont d'intérêt pour le public (par le biais de Meetup), la migration des employés, et les associations qualitatives avec chaque province.

Figure 8 : Pôles de la blockchain du Canada



Source : CTIC

Pourquoi Meetup?

À la figure 8, les données Meetup servent à illustrer la diversité des communautés de la blockchain dans différentes régions du Canada, ainsi que la vigueur de l'intérêt pour la blockchain par rapport aux cryptomonnaies. Dans le cadre des consultations du CTIC auprès des membres des industries de la blockchain et des cryptomonnaies, plusieurs intervenants indépendants ont parlé du fait que Meetup, un service en ligne d'organisation d'événements en personne en fonction des mêmes intérêts, comportait une composante vigoureuse de la croissance de la blockchain au Canada, surtout dans les premières années avant que la connaissance de la technologie soit répandue.



Je crois que le système de rencontres est au cœur de la blockchain, un endroit où les développeurs, les investisseurs, les fournisseurs de services et toute personne simplement curieuse peuvent se réunir pour en apprendre davantage sur la blockchain et tenir la cadence de cette industrie qui évolue rapidement, surtout à Toronto, à Ottawa, à Montréal et à Waterloo.

- Laura Gheorghiu, Gowling WLG Canada



J'ai appris à connaître une bonne partie de l'industrie de la blockchain de Toronto grâce à une combinaison de rencontres et de conférences.

- Andreas Veneris, Université de Toronto



En 2016, j'ai lu l'ouvrage *Blockchain Revolution* de Don et d'Alex Tapscotte pour une rubrique du *Globe and Mail* sur laquelle je travaillais, et je me suis rapidement entièrement immergée dans le sujet. Jusqu'alors, il fallait aller à des rencontres pour découvrir quoi que ce soit.

- Hilary Carter, directrice générale de la Blockchain Research Institute

Les premières rencontres étaient particulièrement dynamiques en Ontario et au Québec, mais au cours des dernières années, nous avons pu observer une émergence d'organisations informelles similaires en Colombie-Britannique, qui peut se vanter aujourd'hui d'offrir la plus importante rencontre sur la blockchain (rajustée en fonction de la population), ainsi que dans les provinces des Prairies et des Maritimes. Au moment de la collecte des données, il n'existait aucune rencontre relative à la blockchain dans les capitales territoriales d'Iqaluit, de Yellowknife et de Whitehorse.

L'industrie de la blockchain : Carrefours provinciaux d'activités

En plus d'être le foyer d'Ethereum, Toronto (et l'Ontario de façon plus générale) a été qualifiée par de nombreux consultants de l'industrie comme un centre d'expérimentation en technologie financière, ainsi qu'un pôle d'engagement du gouvernement à l'égard de la blockchain (utilisant des applications comme l'identité numérique et le traitement de données), offrant une relation d'équilibre entre l'écosystème décentralisé d'Ethereum et l'écosystème de plateformes d'entreprise comme Hyperledger.

La Colombie-Britannique est un joueur prometteur du paysage canadien de la blockchain : supplantant rapidement Toronto en intérêt et en nombre d'entreprises lorsque les différences de population sont prises en compte, la Colombie-Britannique est considérée comme un carrefour pour différents projets, ne se limitant pas à une industrie ou à une plateforme particulière.

La province de Québec est connue pour d'abord encourager et ensuite dissuader les investissements dans les cryptomonnaies et les technologies connexes : plusieurs consultants interrogés ont mentionné que le fait d'encourager, d'interdire et de réintroduire ensuite la vente d'électricité aux mineurs de cryptomonnaies amène certaines entreprises de cryptomonnaies à ne pas croire à une stabilité à long terme dans la province. Cependant, d'autres ont dit que le Québec était le bastion du Canada pour certaines origines cypher-punk de la communauté de la blockchain et du bitcoin et que la province sera une source d'innovation décentralisée à l'avenir.

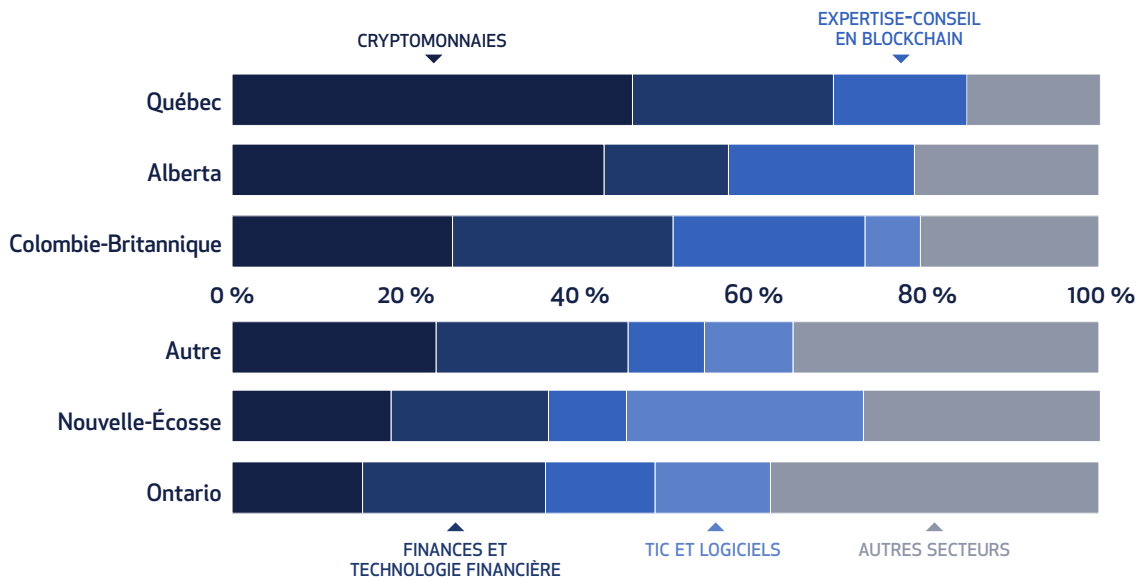
L'Alberta est bien connue pour son industrie gazière et pétrolière, et les consultants interrogés ont également classé bon nombre des cas pratiques de la blockchain de la province comme ayant un lien avec les matières extractibles. Mais d'une manière générale, la province est considérée comme offrant une communauté de la blockchain qui est bien organisée et unifiée et qui s'intéresse à la gestion de la chaîne d'approvisionnement, au suivi de la provenance, ainsi qu'aux cryptomonnaies.

Même si les consultants de l'industrie n'en avaient pas tous nécessairement long à dire sur l'écosystème de la blockchain de la Nouvelle-Écosse, la province rivalise avec l'Alberta relativement à bon nombre d'indicateurs du CTIC de l'innovation de la blockchain. Un solide écosystème de jeunes entreprises basées à Halifax a commencé à se tailler une place de choix sur la scène canadienne. Plusieurs joueurs importants de la technologie financière et du jeu entre pairs sont basés dans la province.

La blockchain en chiffres : Un portrait provincial

Comme vu précédemment, les entreprises de la blockchain au Canada se concentrent surtout sur les secteurs des services liés aux cryptomonnaies, des finances, de la technologie financière et de l'expertise-conseil en blockchain, ainsi que des TIC et des services logiciels (secteur dans lequel une solution prédéveloppée de blockchain est offerte dans l'ensemble des industries, plutôt qu'une expertise-conseil en blockchain où le produit est personnalisé). Cependant, les principaux services offerts au Canada varient légèrement lorsqu'ils sont examinés dans différentes provinces. La figure 9 montre la répartition des entreprises de la blockchain dans l'ensemble des secteurs au sein des provinces canadiennes, telle qu'elle est évaluée par le nombre d'entreprises du secteur basées dans cette province (sans tenir compte de la taille de l'entreprise et sans inclure les entreprises basées ailleurs comptant des unités dans la province). Comme proportion du total, un plus grand nombre d'entreprises de la blockchain se trouve au Québec et en Alberta, alors que l'Ontario dispose d'un écosystème très diversifié et que la Colombie-Britannique présente une empreinte considérable quant aux entreprises liées aux finances, à la technologie financière et à l'expertise-conseil. Il faut noter que les entreprises de cryptomonnaies tendent à représenter une plus grande proportion des entreprises de la blockchain sur des marchés nouvellement émergents ou en processus de maturation. Par conséquent, sur des marchés plus mûrs comme l'Ontario et la Colombie-Britannique, la présence des cas pratiques subsidiaires de la blockchain s'accroît.

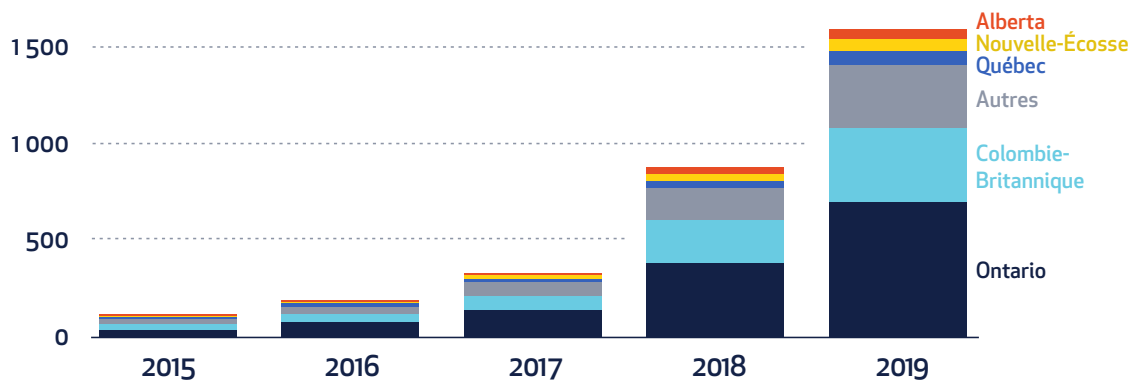
Figure 9 : Proportion des types d'entreprises de la blockchain basées dans chaque province



Source: ICTC Note: (plusieurs provinces et territoires sont exclus en raison de la faible taille de l'échantillon)

La croissance de la main-d'œuvre et la présence croissante de travailleurs qualifiés dans le domaine de la blockchain sont naturellement liées à la croissance des entreprises du secteur. La figure 10 souligne cette hausse du nombre de travailleurs de ce domaine dans l'ensemble des provinces canadiennes dans le temps. Alors que l'Ontario et la Colombie-Britannique accueillent présentement la majorité des travailleurs de la blockchain, la capacité des provinces plus petites d'attirer et de former ce bassin de talents qualifiés évolue rapidement. En réalité, l'Alberta a triplé le nombre de travailleurs de la blockchain de 2018 à la première moitié de 2019, et la Nouvelle-Écosse est partie de zéro en 2016, passant à 50 au cours de la première moitié de l'année en cours. À titre de comparaison, malgré leur part globale de talents en blockchain et les marchés absorbant présentement près de 70 % des travailleurs de la blockchain au Canada, l'Ontario et la Colombie Britannique ont connu une croissance plus modeste au cours de cette même période.

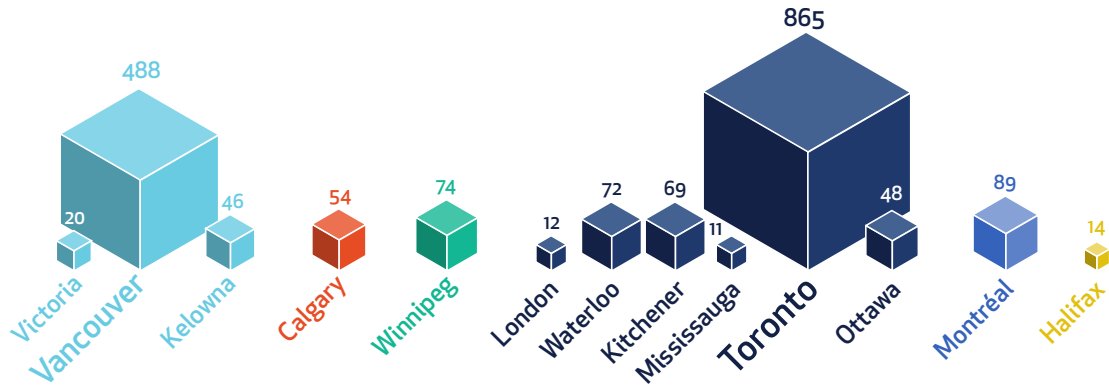
Figure 10: Travailleurs en blockchain par province au Canada, données de 2019



Source: CTIC Remarque : Valeur de 2019 fondée sur la première moitié de l'année

Une analyse des offres d'emplois des dernières années peut également donner une idée de la région où la croissance est la plus forte. La figure 11 montre le nombre total d'offres d'emplois en blockchain de novembre 2017 à août 2019, les données étant recueillies sur des sites d'emplois. Conformément aux données présentées ci-dessus, la plupart des emplois (les deux tiers) étaient offerts à Toronto et à Vancouver. Ces deux villes sont tout simplement le cœur des activités de la blockchain au Canada.

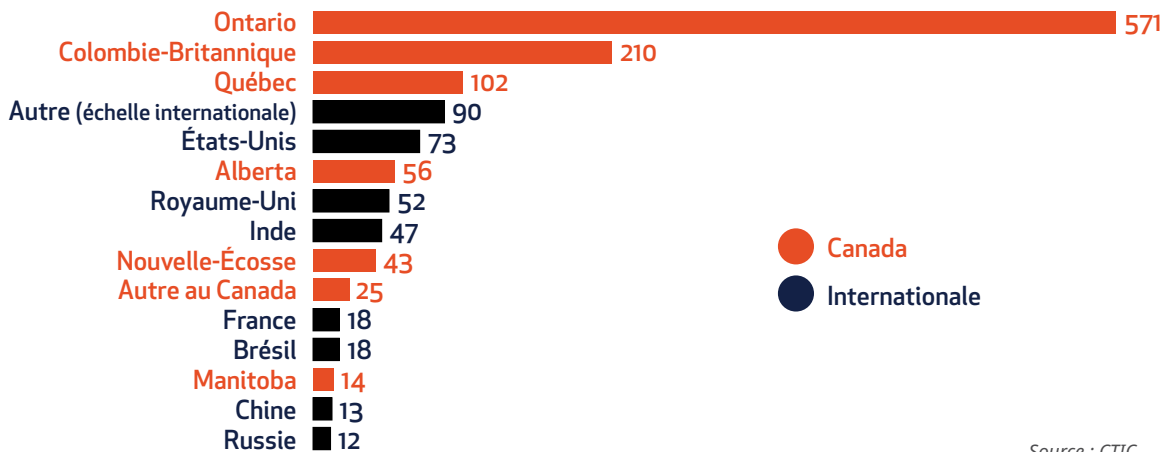
Figure 11 : Nombre d'emplois uniques dans la blockchain par ville canadienne



Source : CTIC, Emsi Remarque : Logique de recherche par mot clé (en anglais) : (hyperledger OU Ethereum OU corda OU solidity OU ASIC OU bitcoin OU hashrate OU DApp OU ICO OU Litecoin OU Ledger) ET (blockchain OU cryptocurrency OU distributed ledger)

Malgré le poids disproportionné de la Colombie-Britannique et de l'Ontario, les écosystèmes régionaux au Canada tendent à être étroitement interreliés, et les travailleurs de la blockchain sont exceptionnellement mobiles au sein du Canada et à l'échelle internationale. Une analyse du dernier lieu d'études des travailleurs de la blockchain réalisée par le CTIC renforce cette mobilité. La figure 12 montre la province ou le pays du dernier lieu d'études des travailleurs actuels de la blockchain. Au total, environ un quart des travailleurs de la blockchain au Canada ont étudié en dehors du pays, selon cette évaluation.

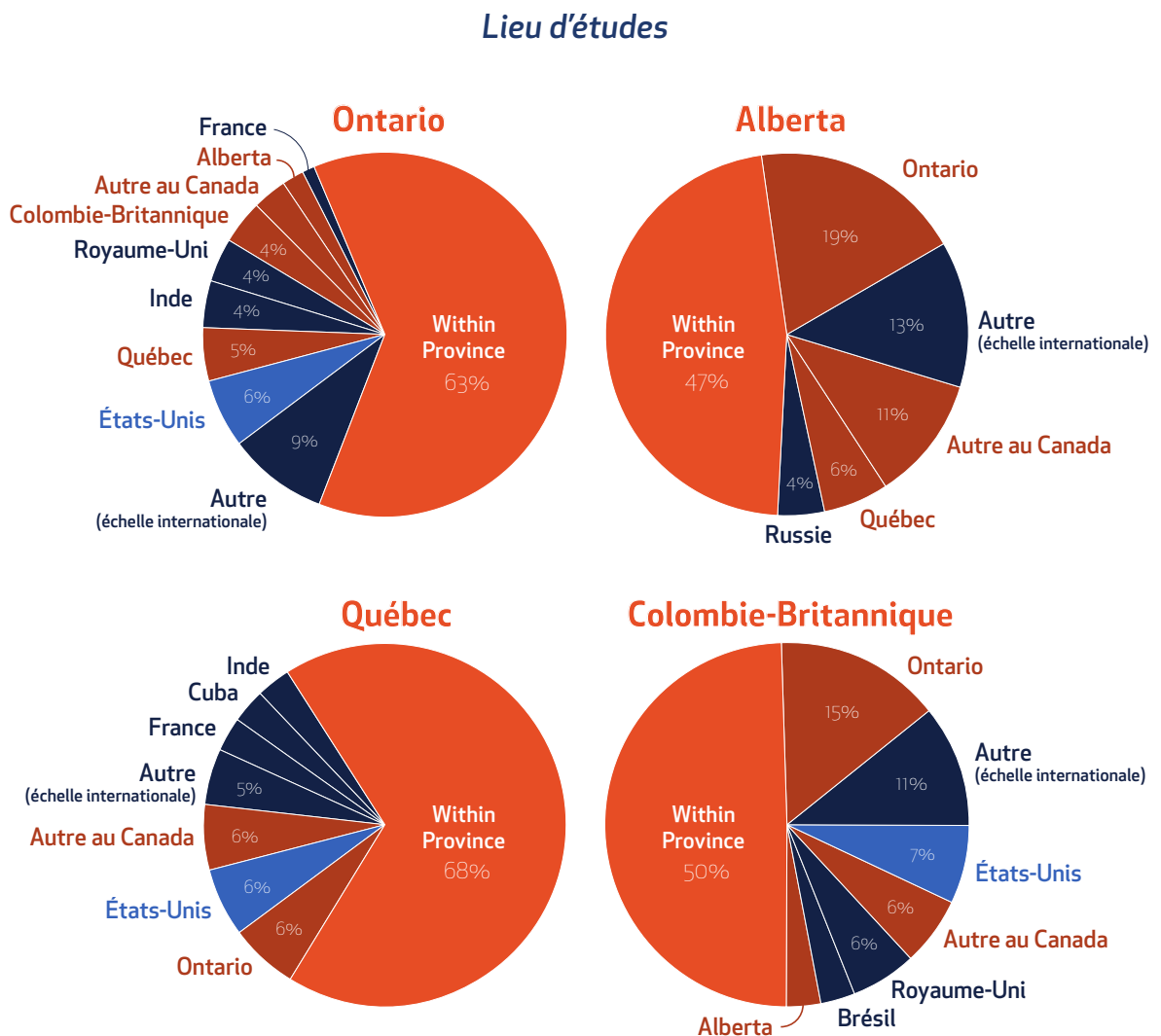
Figure 12 : Dernier lieu des études postsecondaires pour les travailleurs canadiens de la blockchain (2019)



Source : CTIC

Toujours concernant la mobilité de la main-d'œuvre, les travailleurs de la blockchain semblent également très susceptibles de se déplacer d'une province à l'autre. Un portrait provincial montre qu'une partie importante (parfois plus de la moitié) des travailleurs de la blockchain dans une certaine province a en réalité étudié en dehors de la province, ou même à l'extérieur du pays. Le Québec enregistre la plus grande proportion de travailleurs de la blockchain ayant étudié dans la même province, mais environ un tiers de la main-d'œuvre a tout de même étudié en dehors de la province. Ces chiffres indiquent une main-d'œuvre mobile et internationale et suggèrent que ces travailleurs généralement hautement qualifiés pourraient quitter le Canada si les entreprises de la blockchain n'ont plus d'intérêt à rester au pays.

Figure 13 : Migration intranationale des travailleurs canadiens de la blockchain



Source : CTIC

Examen de la blockchain au Canada : Tendances émergentes en éducation

Options de formation au Canada

Même si bon nombre d'entreprises embauchant des professionnels de la blockchain sont d'avis que leurs employés ont appris par eux-mêmes ou en cours d'emploi, une petite cohorte d'établissements d'enseignement canadiens commence à répondre à la demande en talents de la blockchain en offrant une programmation interdisciplinaire pour les développeurs de la blockchain et les professionnels du marketing. À l'échelle internationale, l'Université de Nicosie à Chypre a été la pionnière de cette tendance, ayant lancé il y a plus de cinq ans le premier cours en ligne ouvert à tous en matière de blockchain, en plus d'être la première université à accepter, dès 2014, le bitcoin pour le paiement des droits de scolarité. Parmi les intervenants interrogés par le CTIC, cinq ont œuvré pour des organisations principalement dévouées à l'enseignement postsecondaire, tandis que sept autres ont offert un certain type de service de consultation en éducation à des clients ou au grand public.

Formation des développeurs

Les connaissances liées à la blockchain sont de nature dynamique et en constante évolution, et l'intégration d'un programme approuvé dans un établissement d'enseignement postsecondaire, sans parler de la rétention des instructeurs qualifiés pour l'enseigner, s'est avérée plutôt difficile pour les organisations partout au pays. Pourtant, quelques établissements comme l'Université York, le Collège George Brown et l'Université de la Colombie-Britannique, ainsi que certaines organisations telles que CryptoChicks et Creative Destruction Lab, ont commencé à offrir des programmes officiels en développement de la blockchain (voir figure 14). Outre les cours présentés à la figure 14, plusieurs nouveaux programmes sont en cours d'élaboration, notamment le programme de certificat en développement de la blockchain et des systèmes « d'arrière-plan » de la School of Continuing Studies de l'Université York.

Figure 14 : Étude du développement de la blockchain au Canada

Étude du développement de la blockchain au Canada : Aperçu des programmes postsecondaires



Première cohorte 2017

Certificats à court terme

Ethereum

Hyperledger

Développeurs généralistes

Applications d'entreprise

« Notre mandat est de bâtir un carrefour d'innovation en matière de chaîne de blocs, un carrefour durable. Dans ce secteur, nous tentons d'offrir des produits pratiques, du mentorat et des relations, ainsi que du travail pratique plutôt qu'uniquement des cours en ligne. »

– Omid Sadeghi, directeur général de BlockchainHub de l'Université York



Première cohorte 2018

Sept développeurs diplômés

Généraliste, architecture, contrats intelligents, conception d'applications décentralisées, lois et règlements, apprentissage intégré au travail

« Nous sommes le premier établissement postsecondaire au Canada à offrir un certificat en chaîne de blocs ciblant le développement. Les gens qui n'ont jamais écrit une ligne de code peuvent suivre le cours, et bon nombre de nos étudiants se font offrir un emploi au terme de leur stage coopératif. »

– Ceit Butler, professeure et coordonnatrice des programmes de développement des chaînes de blocs, Collège George Brown



Première cohorte 2020

Nombre de diplômés ciblé :
139 en 6 ans

Spécialisation

Minimum de 12 crédits

Stage dans l'industrie

Santé, technologie de la réglementation, énergie propre, applications pour les Autochtones

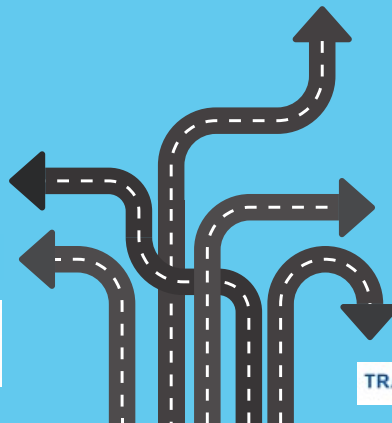
« Nous voyons la nécessité d'établir des perspectives multidisciplinaires, un besoin pour des personnes qui peuvent observer un problème, un but social ou commercial et trouver une solution grâce à la technologie de la chaîne de blocs. Nous formons les étudiants afin qu'ils comprennent toutes les couches de la conception de solutions, que ce soit l'aspect social, commercial ou technique, les données ou les registres. »

– Victoria Lemieux, professeure agrégée, fondatrice et codirectrice, Blockchain@UBC

Autres parcours pour les développeurs canadiens de la blockchain en formation



Incubateurs et accélérateurs
Rencontres en personne et marathons de programmation



Ressources de source ouverte à des fins d'apprentissage et de collaboration

Formations intensives et microcompétences



Formation en affaires

Alors que l'espace accordé à la délivrance de titres de compétences dans le domaine de la blockchain s'avère vaste et varié, de nombreux Canadiens, sur les plans individuel et organisationnel, ont plutôt entamé leur parcours à la base. Par exemple, l'organisation TransformationWorx, fondée en 2017 et basée en Ontario, offre des cours intensifs de deux jours portant sur la blockchain et la conception de solutions à l'intention des professionnels.



Nous proposons le développement rapide de compétences aux professionnels et aux organisations dans les domaines des technologies perturbatrices et de la conception de solutions. Nous comparons le programme à un parcours appliqué de type "nano M.B.A." où l'on identifie et dégage l'intérêt d'utiliser des technologies émergentes et des modèles opérationnels ayant un effet de perturbation à l'aide de méthodes pratiques et d'outils éprouvés, adaptés au milieu des affaires.

- Dawood Khan, TransformationWorx

Formation en matière de gouvernance juridique et de l'information

Plusieurs établissements canadiens, y compris l'Université d'Ottawa et l'Université de la Colombie Britannique, ont lancé des modules axés sur les lois et les politiques ou des groupes de recherche sur la blockchain. Ils ont le mandat d'analyser les répercussions juridiques des chaînes de blocs, des cryptomonnaies et des contrats intelligents, en plus d'aborder des points de vue en matière de gestion de la vie privée et de l'identité, des technologies juridiques et de l'archivistique de la blockchain. Leurs étudiants effectuent principalement des travaux de recherche de deuxième cycle.⁴⁷

Formation actuelle des professionnels de la blockchain

Indépendamment des parcours qu'emprunteront les futurs professionnels de la blockchain, les travailleurs d'aujourd'hui sont hautement qualifiés et s'orientent vers les domaines des STIM.

⁴⁷Pour de plus amples renseignements sur le programme de l'Université d'Ottawa, consultez le site <http://blkchn.ca/#about>. Pour l'Université de la Colombie-Britannique, consultez le site <https://blockchain.ubc.ca/about-us>

La figure 15 précise les types de diplômes obtenus par les professionnels de la blockchain au Canada. Les diplômes d'études supérieures ont été exclus du graphique circulaire, indiquant que plus du quart des travailleurs de la blockchain ayant poursuivi des études postsecondaires ont en fait obtenu un diplôme d'études supérieures. Le dernier diplôme le plus souvent obtenu est le baccalauréat ès sciences ou sciences appliquées.

Dans le même ordre d'idées, la figure 16 met en évidence les domaines d'études précis des travailleurs de la blockchain, indiquant encore une fois une orientation marquée vers le domaine des STIM. Les domaines de l'informatique et du génie appliqué représentent plus du tiers des travailleurs ayant poursuivi une éducation postsecondaire. Les étudiants en gestion, comptabilité ou finances représentent près d'un autre quart de ces travailleurs.

Figure 15: Titres de compétences de la main-d'œuvre en blockchain (plus récent diplôme, Canada, 2019)

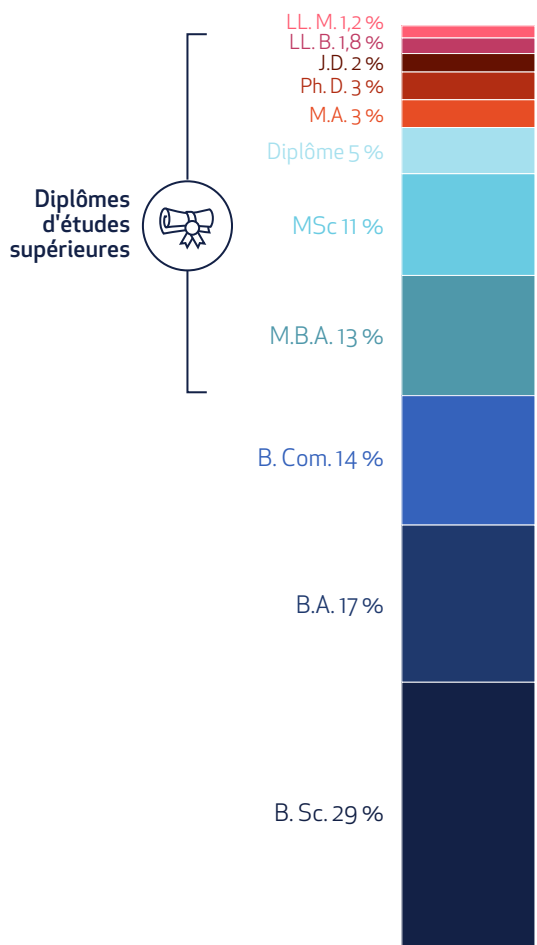
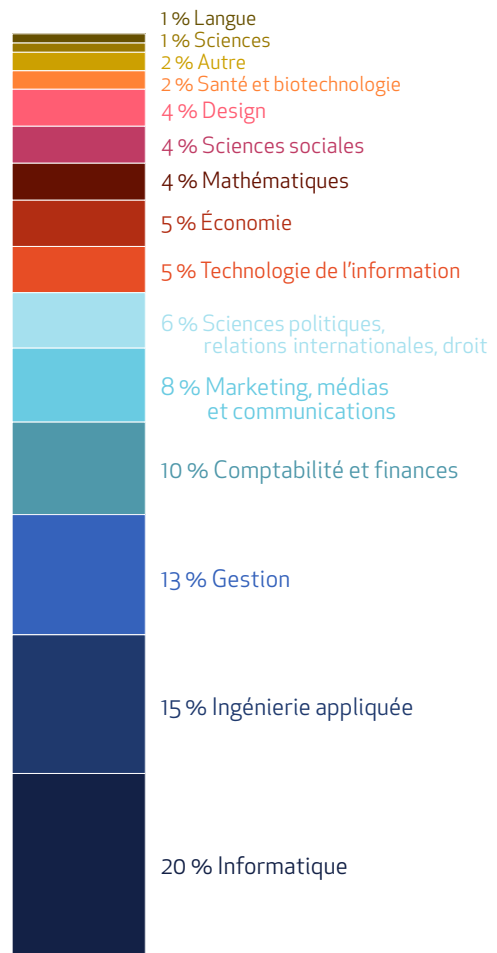


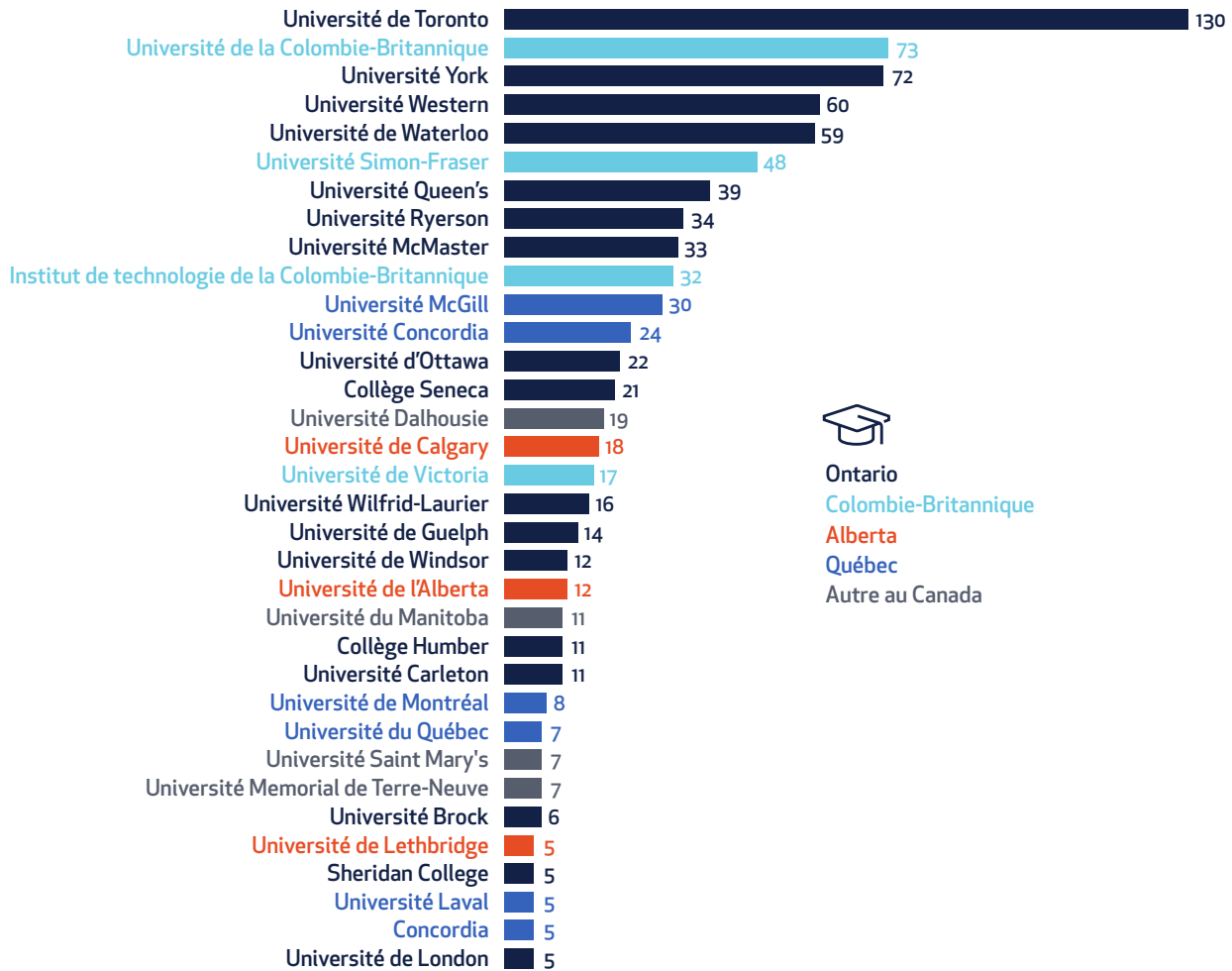
Figure 16: Domaine d'études de la main-d'œuvre canadienne en blockchain (niveau scolarité le plus élevé, 2019)



Source: CTIC
Remarque : Les études de cycles supérieurs sont exclues.

Pour explorer davantage le parcours académique des travailleurs de la blockchain au Canada, la figure 17 présente les alma mater les plus courants (selon le dernier établissement d'enseignement fréquenté). Soulignant l'importance de l'Ontario et de la Colombie-Britannique qui attirent beaucoup de travailleurs de la blockchain, les 10 universités ou collèges enregistrant le plus grand nombre de diplômés œuvrant dans la blockchain au Canada sont situés dans ces deux provinces.

Figure 17 : Dernier établissement d'études de la main-d'œuvre canadienne en blockchain (2019)



Source : CTIC

Œuvrer dans la blockchain



Il ne s'agit pas d'une industrie typique où l'épicentre de l'activité est concentré dans les entreprises traditionnelles. Nous observons de nouvelles structures organisationnelles, souvent communautaires et dépassant les structures des entreprises traditionnelles. L'essor de la technologie blockchain change la nature des acteurs, des acteurs commerciaux, qui occupent cet espace. Il peut s'agir d'un collectif informel composé de personnes associées à des entreprises traditionnelles qui occupent possiblement des emplois à temps plein ailleurs et qui travaillent dans la blockchain dans leur temps libre afin de faire progresser ce paysage d'innovation. L'industrie est marquée par un roulement constant.

– Victoria Lemieux, Université de la Colombie-Britannique

L'écosystème de la blockchain a créé de nombreux postes et de nouvelles possibilités d'emploi : une jeune entreprise de la blockchain pourrait, par exemple, compter un seul développeur généraliste de protocoles de la blockchain, lequel toutefois pourrait compter sur l'aide d'un développeur frontal traditionnel, d'un professionnel de l'expérience utilisateur, d'un gestionnaire de projet, et d'un professionnel du marketing ou du développement des entreprises offrant une expertise en matière de blockchain. Cette jeune entreprise pourrait ensuite embaucher des professionnels de la gouvernance de l'information, des analystes en sécurité et d'autres consultants. Dans le système de cryptomonnaies, de nouveaux emplois offrant des portefeuilles ou des échanges ou exploitant des guichets automatiques de bitcoins ont été créés : la blockchain, tokenisée ou non, a réussi à créer bon nombre de carrières entièrement nouvelles.

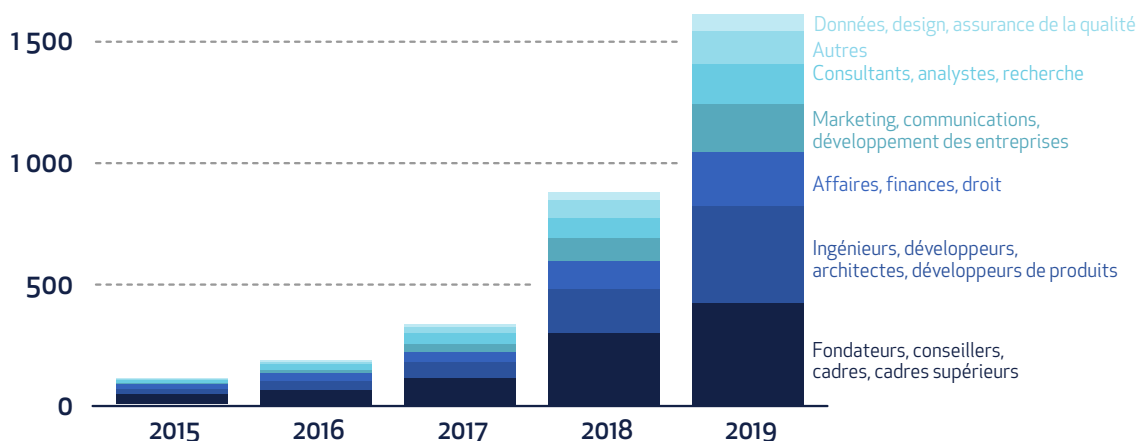
Outre les emplois et les ensembles de compétences, la culture organisationnelle de la blockchain a été abordée lors de plusieurs consultations menées auprès de membres de l'industrie. De nombreuses organisations qui se consacrent à la blockchain font appel à des travailleurs partiellement ou entièrement à distance, c'est-à-dire qu'ils peuvent travailler de partout au Canada et même à l'étranger. Certains travailleurs canadiens peuvent avoir des collègues en Inde, à New York et en Russie, collaborant tous étroitement. D'ailleurs, la plupart des milieux de travail de la blockchain demandent de faire preuve de souplesse et de passion. Cette tendance trouve écho auprès de sources comme la trousse d'emploi du développeur de la blockchain de ConsenSys, où les emplois dans ce domaine sont considérés comme favorisant le travail à distance deux fois plus souvent que pour d'autres postes.⁴⁸

Les travailleurs de la blockchain d'aujourd'hui : Un marché du travail qui évolue rapidement

Afin de mieux comprendre les travailleurs de l'écosystème de la blockchain au Canada, le CTIC a recueilli des renseignements auprès de plus de 1 600 personnes, détenant plus de 1 000 titres de postes différents. Au fil du temps, le nombre de travailleurs de la blockchain a augmenté de façon exponentielle. La figure 18 indique que le nombre de travailleurs de l'écosystème de la blockchain a presque doublé chaque année de 2015 à 2019.

⁴⁸ConsenSys, « Blockchain Developer Job Kit », 2019, p. 4.

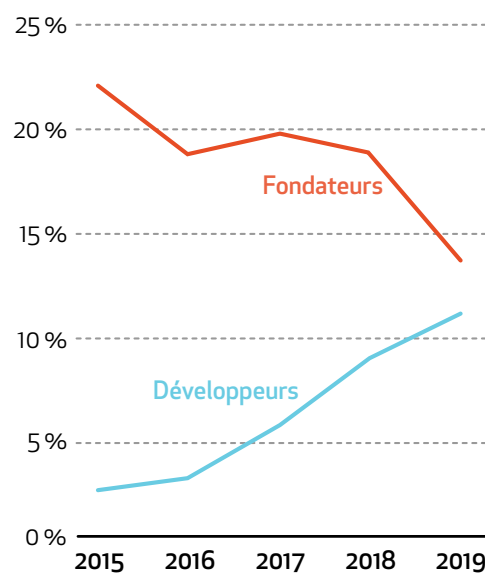
Figure 18 : Travailleurs canadiens en blockchain depuis 2015



Source : CTIC Remarque : Valeur de 2019 fondée sur la première moitié de l'année

De même, les types d'emplois qu'occupent les travailleurs de la blockchain peuvent varier. La figure 18 classe les titres de postes des travailleurs de la blockchain dans six catégories principales, la plus importante rassemblant les emplois techniques : ingénieurs, développeurs, architectes et développeurs de produits. Au second rang se trouvent les cadres et les fondateurs. Au fil du temps, la tendance la plus marquée au sein de la main-d'œuvre, outre l'augmentation considérable du nombre de travailleurs, est sans aucun doute la transition des fondateurs vers des rôles plus techniques, comme l'illustre bien la figure 19. Presque à chaque année de 2015 à 2019, la proportion de fondateurs parmi les travailleurs de la blockchain était en baisse, passant de 23 à 14 %. Entre-temps, la proportion de développeurs a augmenté chaque année, passant de 3 à 11 %, ce qui suggère une industrie qui évolue et au sein de laquelle les entrepreneurs sont accompagnés par des professionnels.

Figure 19: Fondateurs et développeurs de l'écosystème de la blockchain du Canada dans le temps



Source : CTIC
Remarque : Valeur de 2019 fondée sur la première moitié de l'année

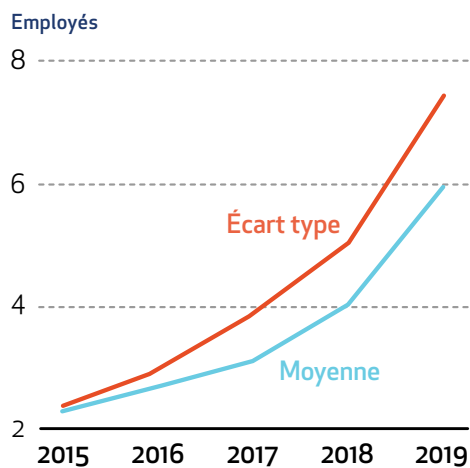
Surtout, même les emplois qui relèvent de la catégorie des « développeurs » peuvent inclure différents rôles précis. La figure 20a présente les titres de postes uniques qui ont été classés dans la catégorie des « développeurs » par le CTIC à l'échelle de l'écosystème de la blockchain au Canada en 2019. Au total, 70 titres de postes uniques se classent dans la catégorie générale des développeurs. Voilà qui illustre bien la diversité des rôles au sein de l'écosystème de la blockchain.

Figure 20: Fréquence des postes de développeurs

		Fréquence des postes de développeurs				
		1	9	18	27	36
Software Developer	Core Developer	Blockchain Development Lead	Full Stack Solidity Developer	Senior Blockchain Developer		
Full Stack Developer	Full Stack & Blockchain Developer	Blockchain Development Manager	iOS Developer	Senior Development & Integration Lead		
Blockchain Developer	Junior Blockchain Developer	Blockchain Software Developer & Researcher	Junior Developer With JavaScript & Web Services	Senior Development Manager		
Developer	Junior Blockchain Developer	Cloud Transformation	Lead Android Developer	Senior Front End Developer		
Front End Developer	Mobile Application Developer	Creative Developer	Lead Blockchain Developer	Senior Full Stack		
Lead Developer	AI Developer	CTO/Core Developer	Lead Developer Team	Senior Full Stack Developer		
Senior Software Developer	Application Blockchain Developer	Developer Success	Lead Front End Developer	Senior iOS Developer		
Web Developer	Application Development Associate Manager	Development Lead	Natural Language Processing Developer	Senior Software Developer & Product Lead		
Full Stack Blockchain Developer	Application Development Specialist	Development Manager	Product Development	Senior Software Development Manager		
Senior Developer	Applied Blockchain Research & Development Engineer	Director of Software	QA Automation Test Developer	Senior Solidity Developer		
Senior Mobile Developer	Back End Developer	Enterprise Solutions Developer	QA Automation / Web Developer	Senior Web Developer		
Application Developer	Back End Web Developer	Ethereum Blockchain Developer	Quantitative Developer	Senior Project Manager		
Blockchain Software Developer	Blockchain Application Developer	Full Stack Developer Intern	Senior .Net Developer	SRE Lead		
Blockchain Solution Developer	Blockchain Application Developer	Full Stack Software Developer	Senior Back End Developer	Web Project Management		

Source: CTIC

Figure 21: Taille moyenne des entreprises de la blockchain et écart type dans le temps (Canada)



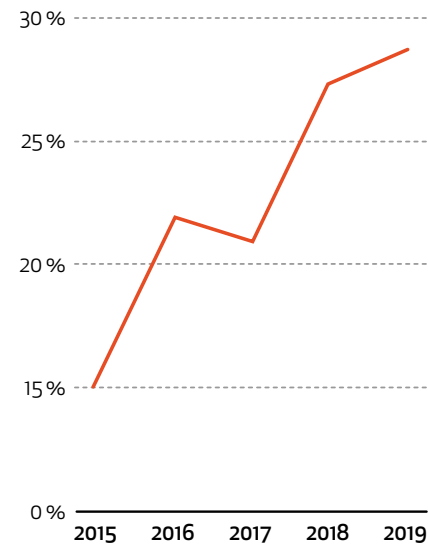
Source: CTIC

Le nombre d'employés au sein d'entreprises de la blockchain, ainsi que la composition de ces employés au fil du temps, indique un marché du travail qui évolue, comme l'illustrent les figures 21 et 22. La figure 21 montre que la taille moyenne des entreprises de la blockchain, en nombre d'employés, est passée de 2,5 à 6,7 de 2015 à 2019. L'écart type⁴⁹ s'est aussi accentué considérablement, illustrant également une industrie en évolution, c'est-à-dire que le nombre moyen d'employés augmente, mais plus rapidement au sein de certaines entreprises.

⁴⁹Dans ce cas, l'écart type mesure la variabilité ou la variance du nombre d'employés dans l'ensemble des entreprises.

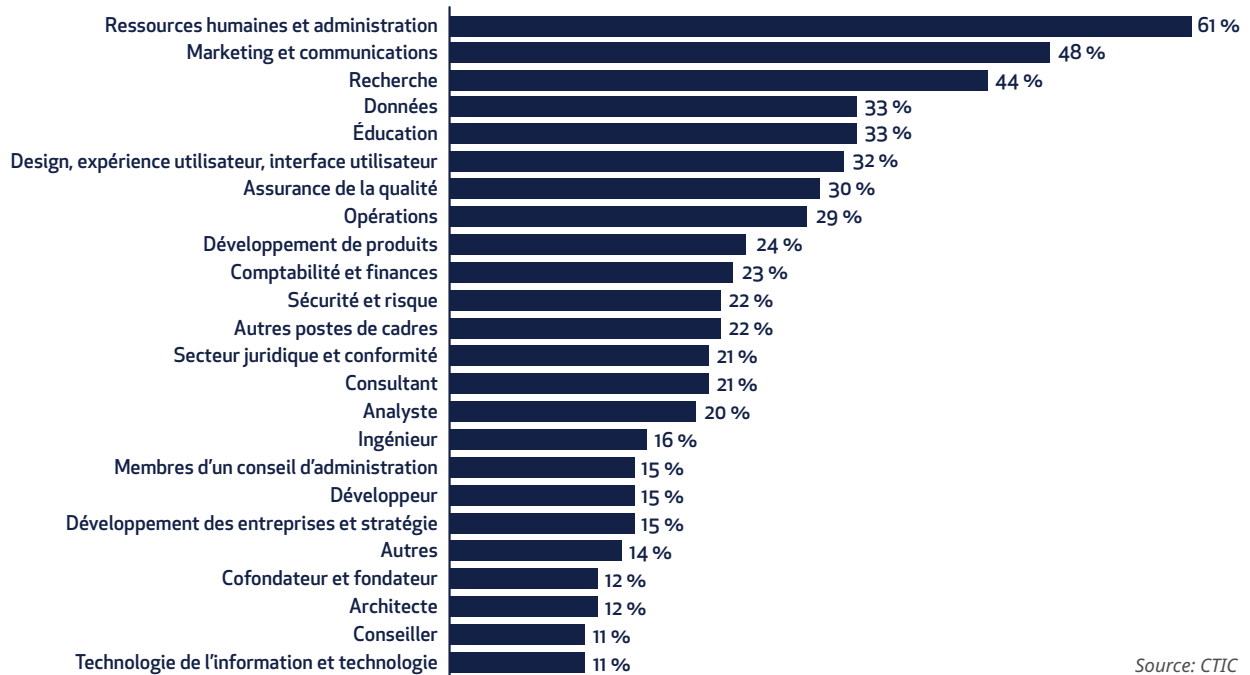
Une observation approfondie des données démographiques des travailleurs de la blockchain révèle un fait intéressant en matière de genre. La figure 22a indique qu'une proportion des travailleuses de la blockchain a grimpé de 15 à 28 % de 2015 à 2019. Bien que ce taux de 28 % ne soit pas un indicateur de l'équité de genre dans l'industrie de la blockchain, et que cette proportion soit comparable aux autres données du reste du secteur des technologies au Canada⁵⁰, une augmentation de 13 % de la participation des femmes au marché du travail en moins de 5 ans demeure substantielle. Pour étayer cette tendance, la figure 22b montre le pourcentage d'employées par catégorie professionnelle. La seule catégorie d'emploi enregistrant plus de 50 % d'employées est celle des ressources humaines et de l'administration, mais les récits provenant de consultants reflètent un intérêt grandissant à changer la tendance : par exemple, le conseil d'administration de l'Alberta Blockchain Consortium frôle la parité entre les genres à l'heure actuelle.

Figure 22a: Pourcentage de travailleuses en blockchain par année (Canada)



Source: CTIC

Figure 22b: Pourcentage de travailleuses en blockchain par profession (Canada, 2019)



Source: CTIC

⁵⁰Au premier trimestre de 2019, le CTIC a constaté que les femmes représentaient seulement 23,5 % de la main-d'œuvre en TIC employée au Canada. CTIC, Bulletin trimestriel sur le marché du travail des TIC au Canada, T1 2019, p. 3 : https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2019/07/CTIC_BULLETIN_TRIMESTRIEL_2019_T1_FR_Finale.pdf

La blockchain recherchée : Les employés les plus difficiles à trouver

La vaste majorité des consultants de l'industrie interrogés par le CTIC ont travaillé pour des organisations ayant embauché ou formé des professionnels de la blockchain. Ces répondants ont confirmé qu'il existe une grande variété de postes liés à la blockchain, mais les sections suivantes regroupent les ensembles de compétences pertinents afin d'examiner les rôles uniques recherchés et propres à l'écosystème de la blockchain :



(1) les professionnels de la blockchain techniquement compétents et (2) les architectes de solutions de la blockchain demeurent les principaux types de rôles liés à la blockchain qui sont recherchés au Canada.

Professionnels de la blockchain techniquement compétents : Développeurs de logiciels, architectes et ingénieurs chevronnés, détenant une expertise en chaîne de bloc

Dans l'ensemble, bon nombre d'intervenants interrogés ont rapporté avoir de la difficulté à dénicher des développeurs généralistes ou d'arrière-plan possédant des connaissances en matière de protocoles de base de la blockchain. Même si cette catégorie est vaste, et qu'en réalité les ensembles de compétences peuvent varier selon la solution ou la plateforme de blockchain, les intervenants interrogés ont indiqué que les pionniers techniques étaient essentiels à l'évolution de la technologie et à l'accessibilité aux autres développeurs.

D'autres titres de postes possibles pour ce rôle, selon les intervenants interrogés, comprennent les suivants : développeur ou architecte de la blockchain, ingénieur de protocoles de la blockchain, développeur ou ingénieur d'applications décentralisées, développeur Ethereum, développeur d'applications de la blockchain d'entreprise, architecte ou développeur de contrats intelligents, développeur ou ingénieur de logiciels, responsable technique, développeur généraliste, développeur d'arrière-plan, et développeur Java, Go, ou C++.



Les compétences de haut niveau en matière de protocoles sont extrêmement rares. Il faut être autodidacte pour les acquérir. Par exemple, un développeur de bitcoins n'a pas droit à l'erreur, comparativement à d'autres logiciels. Il n'y a pas de deuxième chance puisque tout l'argent va disparaître. Tout doit donc être parfait avant même le déploiement.

- Dave Bradley, Bull Bitcoin & Alberta Blockchain Consortium



En 2017-2018, un grand nombre d'entreprises étaient prêtes à embaucher des développeurs capables d'utiliser Solidity, Ethereum, Hyperledger ou R3 Corda. Or, les critères ont changé depuis. Les entreprises cherchent plutôt des ingénieurs de logiciels professionnels et chevronnés ainsi que des développeurs généralistes, capables de produire des outils que les entreprises seront vraiment en mesure d'utiliser. En même temps, les entreprises se tournent vers les ingénieurs de logiciels à l'interne et leur demandent de faire une transition, d'apprendre la blockchain et de développer une preuve de concept. Mais il est possible que leur titre demeure "ingénieur de logiciels".

- Noah Marconi, Tag Innovation

Le rapport des emplois émergents de LinkedIn indique que le nombre de développeurs de la blockchain s'est multiplié par 33 en 2018 aux États-Unis, principalement dans les environnements IBM, ConsenSys et Chainyard⁵¹. Alors que le paysage canadien varie tant en taille qu'en type d'entreprises, ce titre de poste gagne en importance alors que les entreprises commencent à chercher des professionnels du développement qui possèdent certains ensembles de compétences propres à la blockchain, qu'elles aient été apprises de façon autodidacte ou dans un établissement. En 2019, Deloitte rapportait que 46 % des entreprises mondiales sondées cherchaient à embaucher du personnel détenant une expérience propre à la blockchain.⁵²

Éducation : Les membres de l'industrie sondés par le CTIC ont convenu qu'une formation en informatique, génie et mathématiques était utile au développement de la blockchain. Toutefois, les répondants avaient des points de vue divergents quant à l'utilité d'un intérêt mineur ou personnel envers l'économie pour les développeurs de la blockchain.

Salaires : Alors que des données sur les salaires n'ont pas été expressément recueillies, il existe plusieurs estimations des salaires des travailleurs de la blockchain. Particulièrement, les estimations américaines du salaire moyen des développeurs de la blockchain varient de 125 000 à 175 000 \$ US selon la source⁵³. Au Canada, les répondants au sondage du Blockchain Research Institute ont rapporté un salaire moyen de 98 423 \$, mais cette donnée ne fait pas de distinction entre les rôles techniques et non techniques.⁵⁴

Apprentissage individuel : Les opinions des répondants variaient quant à la capacité d'autoformation des développeurs de la blockchain (c'est-à-dire sans diplôme en génie ou développement de logiciels). Même si certains ont indiqué que l'autoformation en la matière était possible pour tous, d'autres étaient plutôt d'avis que l'absence de formation officielle en informatique menait à des failles de codage, sauf pour certaines personnes exceptionnellement douées. Au fil de l'évolution de l'industrie, l'officialisation des programmes d'éducation en blockchain augmentera probablement. Toutefois, à l'heure actuelle, les intervenants interrogés ont fait valoir un manque de titres de compétences reconnus dans le domaine de la blockchain, signifiant ainsi que le personnel chevronné du domaine de la blockchain ont souvent fait une transition à partir de rôles plus traditionnels en informatique.

La formation en cours d'emploi est essentielle : Même en possédant de solides antécédents techniques, la plupart des développeurs de logiciels qui doivent composer avec la blockchain pour la première fois acquerront la plupart de leurs compétences propres à la blockchain en milieu de travail.

At the last position I was in, we had almost no people come in with blockchain experience, we had to hire people who didn't have that experience but learned on the job. With that talent shortage, companies willing to take that leap and train people will benefit the industry as a whole.

– Keegan Francis, Atlantic Blockchain Company

⁵¹« LinkedIn 2018 U.S. Emerging Jobs Report », LinkedIn, 13 décembre 2018 : <https://economicgraph.linkedin.com/en-us/research/linkedin-2018-emerging-jobs-report>

⁵²Deloitte, 2019, p. 43.

⁵³ConsenSys, 2019, p. 7.

⁵⁴« Canadian Blockchain Census 2019 », Chambre de commerce numérique du Canada, octobre 2019 : <https://www.blockchainresearchinstitute.org/wp-content/uploads/2019/10/Chamber-BlockchainCensus-2019.pdf>, p. 17.

Compétences requises d'un développeur de la blockchain

Palmarès des 10 principales compétences tirées des offres d'emplois techniques du secteur de la blockchain*

- 1 **Blockchain**
- 2 **Cryptomonnaies**
- 3 **Ethereum**
- 4 **JavaScript, React.js**
- 5 Développement de logiciels agiles
- 6 **Java**
- 7 **Python**
- 8 **Hyperledger**
- 9 **Node.js**
- 10 Interface de programmation d'application

Entrevues et groupes de discussion canadiens (sans ordre d'importance)

- Développement généraliste
- Expérience du déploiement à l'échelle de l'entreprise et de l'intégration des anciens systèmes
- Développement de logiciels d'arrière-plan
- Expérience de la blockchain ou en matière de protocoles
- Théorie du jeu et économie
- Architecture et gestion de bases de données
- JavaScript et Node.js
- Conception de l'expérience utilisateur
- Développement C++
- Programmation de contrats intelligents

Trousse d'emploi du développeur



- Cryptographie**
- Connaissances de la blockchain***
- JavaScript
- Python
- Solidity
- Langages d'arrière-plan****

Rapport des emplois émergents aux États-Unis en 2018 de



- Solidity†
- Blockchain
- Ethereum
- Cryptomonnaies
- Node.js

* Voir l'annexe A pour une discussion sur la méthodologie.

** Exemples de compétences précises en cryptographie : Encodage des clés publiques; encodage des clés privées; agrément et échange de clés; signatures numériques; fonctions de hachage; signature d'anneau; apport nul de connaissance; stockage chiffré; chiffrement à courbe elliptique; environnements d'exécution fiables.

*** Comprend algorithmes de consensus; mesures incitatives relatives aux mineurs et à la sécurité; preuve de travail et preuve d'enjeu; contrats intelligents; transactions, essence et prix de l'essence; fragmentation; trilemme d'évolutivité; normes en matière de jetons.

**** Comprend Go, Rust, Java, .NET, C++ et Ruby.

† Solidity est un langage de programmation pour la mise en œuvre de contrats intelligents, conçu pour interagir avec Ethereum, mais pouvant s'appliquer à d'autres plateformes de la blockchain.

⁵⁵LinkedIn, 2018 : <https://economicgraph.linkedin.com/en-us/research/linkedin-2018-emerging-jobs-report>



Architectes de solutions de la blockchain

Contrairement à bon nombre d'autres technologies, la conception et le choix d'un protocole pour la blockchain sont inextricablement liés à son futur bilan de rentabilité. De nombreux intervenants interrogés ont mentionné l'importance de dénicher un architecte de solutions talentueux ayant une solide compréhension technique, une grande créativité et un flair infaillible pour les bilans de rentabilité, les structures incitatives, l'économie, la gouvernance et les exigences juridiques.

Compétences d'un architecte de solutions chevronné

Comme l'illustre la présentation des offres d'emploi à la figure 20b, les architectes de solutions occupent le deuxième rang des professions de la blockchain recherchées au Canada, juste derrière la grande catégorie des « développeurs de la blockchain » et des autres titres granulaires sous-entendus. Les éducateurs et les consultants de l'industrie ont décrit les compétences que doit posséder un architecte de solutions (compétences typiques pour une entreprise) exprimées en diverses manières complémentaires.



Il est important de bien comprendre comment une solution de la blockchain peut être développée afin d'en faire profiter toute l'industrie, car il ne s'agit pas seulement d'une solution pour une entreprise, mais plutôt d'un système pour un vaste écosystème d'organisations. Avoir le sens des affaires est une compétence nécessaire, mais souvent négligée.

- Mike Brown, ATB Financial



L'industrie recherche des personnes qui sont en mesure d'examiner l'espace problème, de saisir le but d'une entreprise, de comprendre ses objectifs sociaux ou commerciaux, et de dégager ensuite une solution à l'aide de la technologie blockchain.

- Victoria Lemieux, University of British Columbia



On peut envisager la conception d'applications du point de vue de l'expérience utilisateur et de l'interface utilisateur, mais également de sa fonction dans son ensemble, de sa raison d'être et de son utilité. Est-elle utile à tous?









- Iliana Oris Valiente, Accenture



La blockchain dans son ensemble est composée de ce qu'il y avait en place avant, de l'innovation requise pour tout regrouper, cet acte de foi, et de la compréhension du processus de création de valeur. Un informaticien ne sait pas comment fusionner toutes ces composantes. Pour être efficace dans cette industrie, il faut connaître l'économie et la théorie du jeu. Il s'agit d'un savant mélange de valeurs. Ce que j'entends des entreprises aujourd'hui, c'est qu'il est difficile d'embaucher, car les candidats doivent posséder des connaissances globales approfondies.

- Andreas Veneris, University of Toronto

Selon les intervenants interrogés, les architectes de solutions efficaces possèdent les compétences ci-dessous :

-  une connaissance de l'architecture d'entreprise;
-  une connaissance du marché et de la concurrence;
-  une connaissance de la technologie et de ses limites;
-  une connaissance de l'architecture de données à la lumière de la réglementation sur la protection des renseignements personnels;
-  une connaissance des structures incitatives;
-  une créativité abondante et des idées novatrices;
-  la capacité d'exprimer clairement la valeur d'une nouvelle technologie pour une organisation;
-  de l'expérience en matière de développement de preuves de concept

Autres rôles propres à la blockchain

Professionnels de la gouvernance de l'information

Étant donné le nouveau paysage réglementaire créé par la blockchain et son lien avec la législation relative à la protection de la vie privée et les règlements sur les valeurs, notamment, un nouvel organisme de gouvernance de l'information et de professionnels juridiques est nécessaire afin de mieux comprendre, vérifier et réglementer la blockchain. Les intervenants interrogés ont mentionné que les professionnels du domaine ont souvent de l'expérience en droit, politiques ou sciences de l'information. Ils connaissent la Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques, le Règlement général sur la protection des données et la réglementation en matière de lutte contre le blanchiment d'argent et de la connaissance du client, ainsi que d'autres connaissances hautement spécialisées. Le programme pour développeurs de la blockchain du Collège George Brown offre maintenant un nouveau cours portant sur les lois et la réglementation⁵⁶ afin d'aider les nouveaux joueurs du marché du travail de la blockchain à mieux comprendre ce domaine.

Professionnels du marketing de la blockchain

Au-delà du développement de l'esprit d'entreprise pour l'architecture de solutions, les entreprises pourraient aussi devoir former des professionnels du marketing possédant des connaissances technologiques. Particulièrement pour les technologies émergentes, les clients ne comprennent pas nécessairement entièrement les solutions de la blockchain du marché du travail. Les organisations à l'origine de ces solutions doivent pouvoir compter sur des personnes capables d'exprimer clairement leur valeur.

Les diplômés en affaires possédant une expertise en technologie sont précieux : il est difficile de présenter et d'expliquer clairement la blockchain à un groupe de clients. La capacité de commercialiser le produit auprès de plusieurs intervenants ayant différents niveaux de compréhension est une compétence plus que précieuse.

– Peter Patterson, IBM Blockchain

⁵⁶« Blockchain Development Program (T175) », programmes à temps plein au Collège George Brown 2020-2021, p. 2 : <https://www.georgebrown.ca/uploadedfiles/ProgramPDFs/2020-2021/Arts,%20Design%20and%20Information%20Technology/T175-2020-2021.pdf>

Vérificateurs et analystes de la sécurité de la blockchain

Particulièrement pour les entreprises travaillant avec des contrats intelligents risqués qui pourraient déraiper si l'exécution automatique échouait, il existe un marché pour les spécialistes de la sécurité de la blockchain et des cryptomonnaies capables d'analyser les programmes de la blockchain afin d'en déceler les anomalies, et ce, avant même leur mise sur pied. En outre, des employés du domaine de la cybersécurité détenant une expertise en crypto-blockchain sont nécessaires afin d'aider les organisations à éviter le piratage : même s'il semble impossible de pirater la blockchain, certains problèmes avec le code sous-jacent de la plateforme pourraient accentuer sa vulnérabilité. Même l'infrastructure du bitcoin s'est avérée sensible aux attaques⁵⁷. Ces professionnels peuvent être des consultants responsables de la vente de vérifications de sécurité et des professionnels de la cybersécurité d'entreprise, ou encore occuper des postes semblables.

Développeurs frontaux ayant une expérience de l'arrière-plan

Les intervenants interrogés ne voyaient pas du même œil l'expérience en matière de blockchain de leurs employés du développement frontal. Alors que certains étaient d'avis que les développeurs frontaux pouvaient interagir avec le produit sans jamais avoir à gérer d'éléments étrangers, d'autres soutenaient qu'il valait mieux trouver une personne possédant des connaissances en matière de blockchain en raison des différences entre l'interface de programmation d'applications de la blockchain et les bases de données traditionnelles.

⁵⁷Alyssa Hertig, « The Latest Bitcoin Bug Was So Bad, Developers Kept Its Full Details a Secret », Coindesk, 21 septembre 2018 : <https://www.coindesk.com/the-latest-bitcoin-bug-was-so-bad-developers-kept-its-full-details-a-secret>



L'AVENIR DE LA BLOCKCHAIN AU CANADA

Tendances émergentes pour une industrie en évolution

Puisque la blockchain est une technologie émergente, son impact économique n'est pas encore quantifiable. Alors que de nombreuses entreprises commencent à développer des cas pratiques internes, elles commencent tout juste également à vendre leur plateforme de la blockchain à leur clientèle. Ainsi, les résultats complets de la vaste dissémination commerciale de la blockchain pourraient ne pas être connus avant des années ou des décennies. Les recherches internationales indiquent une variation extrême sur le plan des prévisions économiques liées à la blockchain : l'une des prévisions estime que le marché mondial de la blockchain atteindra 57,6 milliards de dollars américains d'ici 2025 (taux de croissance annuel composé de 69,4% de 2019 à 2025)⁵⁸, alors qu'une autre prévoit que la blockchain ajoutera une valeur commerciale de plus de 176 milliards de dollars d'ici cette même année⁵⁹. Toutefois, en dépit de cette volatilité, la plupart des sources conviennent que l'industrie est près d'une transition sérieuse. Les premières émissions de cryptomonnaie (PEC) sont en baisse et s'approchent de l'inactivité, alors que le capital-risque traditionnel remplace les PEC en tant que source de financement. La recherche effectuée par la société Block Crypto indique que de nombreux PEC ont culminé en décembre 2017 et janvier 2018 à environ 50 par mois, avant de chuter à près de zéro en 2019.⁶⁰

Vendre au point culminant

Gowling WLG Canada a été l'un des premiers cabinets d'avocats au pays à mettre au point une expertise en blockchain et à aider les entreprises et les membres de l'industrie tels que les banques et les investisseurs à respecter la réglementation en matière de lutte contre le blanchiment d'argent, de valeurs et d'impôts, ainsi que d'autres règlements connexes. L'avocate-fiscaliste Laura Gheorghiu travaille sur les dossiers relatifs aux cryptomonnaies et à la blockchain depuis 2016 et se rappelle une expérience vécue au paroxysme de la folie du Bitcoin.



Un jour, un jeune homme est entré dans nos bureaux. Il avait 22 ans et avait récolté 16 millions de dollars grâce au bitcoin. Quelques années auparavant, il avait miné le bitcoin dans ses temps libres, à l'aide des ordinateurs de l'école, comme si c'était un jeu. Il avait ensuite vendu ses bitcoins au plus fort du boom et il était maintenant multimillionnaire. C'est ce que promettait la blockchain en 2017. La réalité en 2019 est remarquablement différente, mais il s'agit d'un récit intéressant puisque les jeunes ont eu la frousse et que les adultes sont maintenant dans l'arène. L'industrie navigue sur des eaux plus calmes aujourd'hui, mais elle est beaucoup plus durable.

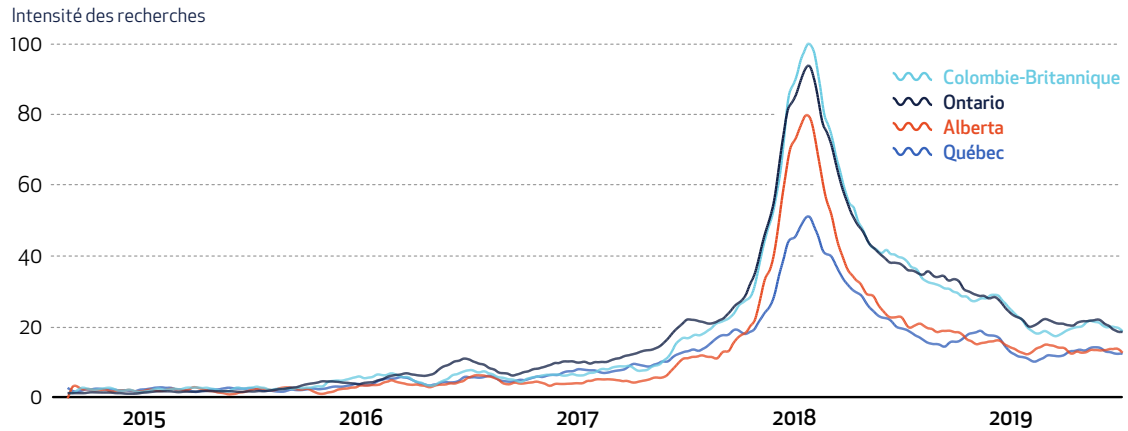
⁵⁸Grand View Research, *Blockchain Technology Market Size, Share, & Trends Analysis Report By Type, By Component, By Application, By Enterprise Size, By End Use, By Region, And Segment Forecasts, 2019-2025*, juillet 2019 : https://www.reportlinker.com/p05807295/Blockchain-Technology-Market-Size-Share-Trends-Analysis-Report-By-Type-By-Component-By-Application-By-Enterprise-Size-By-End-Use-By-Region-And-Segment-Forecasts.html?utm_source=PRN

⁵⁹Gartner Newsroom, « Gartner Predicts 90% of Current Enterprise Blockchain Platform Implementations Will Require Replacement by 2021 », Stamford, Conn., juin 2019.

⁶⁰Larry Cermack, « A post-mortem on the ICO bubble: at least 89% of ICOs are in the red », The Block Crypto, août 2019 : <https://www.theblockcrypto.com/genesis/35090/a-post-mortem-on-the-ico-bubble-at-least-89-of-icos-are-in-the-red>. Les chiffres peuvent également être consultés ici : <https://twitter.com/lawmaster/status/1159130023963561984>

Après un déclin rapide de l'enthousiasme des secteurs public et privé au terme du « crypto-hiver » de 2018, des entrepreneurs optimistes de la blockchain et des unités opérationnelles discrètement résolues au sein de grandes entreprises ont tenté de séparer les cas pratiques à valeur ajoutée de l'exubérance irrationnelle de la période précédant le crypto-hiver⁶¹. La figure 23 démontre que l'intérêt du public envers la blockchain a plafonné au début de 2018, tout juste après le point culminant des PEC et du prix du bitcoin à la fin de 2017. Les graphiques pour les mots clés « Ethereum », « Cryptomonnaie » et « Bitcoin » sont semblables.

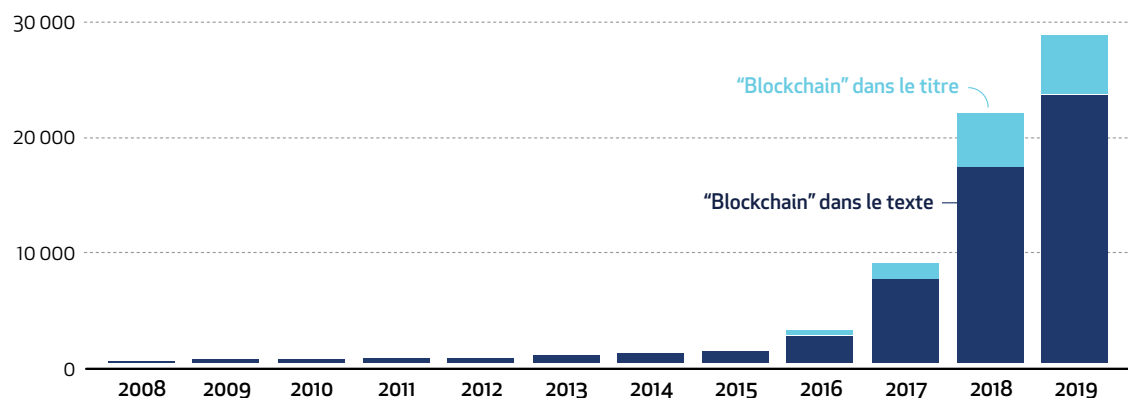
Figure 23 : Intensité de la recherche sur la blockchain dans les provinces canadiennes



Remarque : L'intensité des recherches est normalisée à 100 pour la province et la date où le mot clé représente la plus grande proportion du nombre total de recherches. Les lignes de tendances ont été amorties par une moyenne mobile par souci de clarté.

L'intérêt académique que suscite la blockchain peut également être évalué en analysant les résultats de Google Scholar pour les articles de journaux scientifiques contenant le mot clé « blockchain » (en anglais) dans le texte ou le titre, comme le montre la figure 24. En prévoyant sa valeur en 2019 selon les 7 premiers mois de l'année, une croissance continue du nombre de nouveaux articles créés est envisagée, mais à un rythme plus lent que les années précédentes. Collectivement, les données relatives aux PEC, Google Search et Google Scholar suggèrent un ralentissement de l'intérêt envers la blockchain comparativement aux points culminants de 2017. Or, la mort imminente de la blockchain a été grandement exagérée, et certaines activités telles que les PEC, les recherches sur Google et les articles de revues ne donnent pas une image complète de la situation. En réalité, alors que le prix du bitcoin a chuté de son point culminant de 17 000 \$ US en décembre 2017, il a triplé son nadir pour atteindre 3 300 \$ US en décembre 2018, dépassant même 10 000 \$ US en septembre 2019. À vrai dire, le prix du bitcoin détermine partiellement les attentes du marché envers sa valeur future. Ainsi, une valeur stable indique que le marché croit que le bitcoin continuera d'exister.

Figure 24 : Publications universitaires sur Google comportant le mot clé « blockchain » (« blockchain » en anglais) (échelle internationale)



Source : CTIC 2019 Remarque : La valeur de 2019 indique une prévision fondée sur les sept premiers mois.

⁶¹CB Insights, « Blockchain Trends in Review », 2019 : <https://www.cbinsights.com/research/report/blockchain-trends-opportunities/>

Une trajectoire familière : Blockchain, Internet et infonuagique

Lorsqu'on leur a demandé de décrire l'évolution de la blockchain et ses projections en matière d'adoption, plusieurs intervenants ont fait remarquer sa ressemblance aux technologies antérieures, la comparant aux « balbutiements d'Internet », établissant un parallèle entre sa trajectoire et celle de l'infonuagique, ou la plaçant sur une ligne de temps en compagnie d'autres technologies émergentes (en disant par exemple qu'elle a « 10 ans de retard sur l'intelligence artificielle »).

Les qualités que partage la blockchain avec les balbutiements d'Internet sont parfois soulignées par les développeurs qui ont vu les premiers travaux de la blockchain intégrer le courant dominant : Ceit Butler, cofondatrice du programme pour développeurs de la blockchain au Collège George Brown, soutient que « c'était comme la percée d'Internet : je suis entrée dans l'arène dès les débuts et l'espace était très petit. Le bitcoin était un créneau technologique qui n'intéressait que les libertariens et les cryptographes. Le prix a soudainement monté en flèche, les nouvelles grand public parlaient des cryptomonnaies, et tout le monde en possédait », comme tous ceux profitant de l'essor du « point-com » lançaient soudainement un site Web.

Parallèlement, Iliana Oris Valiente d'Accenture et de ColliderX a comparé le développement de la blockchain à l'infonuagique d'il y a 15 ans.



Même si nous progressons vers une promptitude de production et une adoption généralisée, nous n'en sommes pas encore là. Prenons l'exemple de l'infonuagique pour comparer le temps qu'il faut généralement pour adopter une technologie. Il serait facile de présumer que tout le monde a recours à l'infonuagique en 2019. Or, bon nombre d'entreprises sont encore à envisager l'infonuagique, préparant une analyse de rentabilisation et un parcours de transition vers l'infonuagique, même si cette technologie a vu le jour il y a déjà plus de 15 ans. Et donc parfois, je crois que les attentes envers l'industrie de la blockchain et les celles de la communauté externe envers cette industrie doivent être tempérées. Il est illusoire de croire qu'une technologie, qui brise bon nombre des paradigmes existants, soit du jour au lendemain lancée en production. L'adoption de la technologie blockchain exige des changements à de nombreux modèles d'affaires, et parfois même à la dynamique d'organisations en entier. Il serait plus réaliste de croire qu'elle servira à des cas officiellement et publiquement en production dans deux ou trois ans.

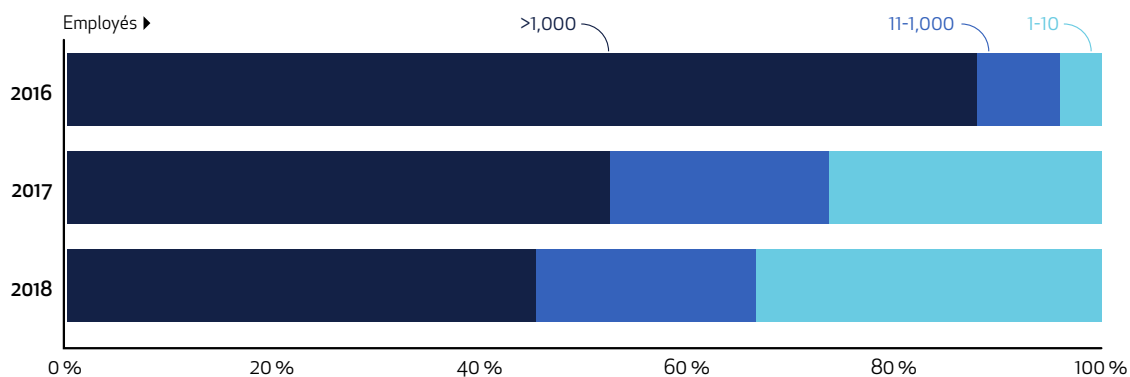
De même, Laurent Féral-Pierssens, chef de la blockchain chez Deloitte Canada, a comparé les pionniers de la blockchain et d'Internet, faisant remarquer ce qui suit :



Nous pouvons la comparer avec le début des années 2000 lorsque les applications HTML et PHP sont devenues courantes. L'obstacle technique était assez faible, mais la mentalité nécessaire pour innover était radicalement différente de tout ce qui s'est fait auparavant. Elle a permis à toute une génération d'entrepreneurs de fabriquer des produits dans leurs dortoirs, et non dans la classe. Nous observons le même phénomène pour l'innovation de la chaîne de blocs. Les connaissances techniques requises sont limitées, surtout comparativement à l'intelligence artificielle. Encore une fois, c'est la mentalité nécessaire qui est nettement nouvelle. L'innovation se produit encore une fois dans les dortoirs et pas encore dans la classe.

Fait intéressant, les consultants de l'industrie suggèrent que l'époque actuelle de recherche et développement de la blockchain peut être caractérisée par de nombreuses idées encore à l'étape de la preuve de concept qui commencent à peine à être mises en œuvre. Une propriété intellectuelle de grande valeur générant des revenus subséquentement rend difficile l'évaluation du profil d'innovation de la blockchain à l'échelle des entreprises privées. Toutefois, l'analyse du nombre de nouveaux brevets selon la taille des entreprises peut nous éclairer quant à l'innovation qui a déjà eu lieu et celle qui viendra. Les brevets n'ont pas tous la même valeur, mais leur nombre brut au fil du temps est indicateur des futures applications perceptibles pour le grand public et génératrices de revenus. Parmi les données relatives aux brevets au Canada et aux États-Unis, il est possible d'observer une tendance relative au nombre accru de brevets déposés par les plus petites entreprises (celles ayant moins de 10 employés) depuis au moins 2017. Parmi les données canadiennes, bon nombre de brevets ont été déposés par la Banque Toronto-Dominion en 2016 (20 brevets), mais depuis, la proportion de nouveaux brevets déposés par de plus petites entreprises a augmenté. Ainsi, en 2018, la moitié des brevets appartenaient à des entreprises comptant moins de 1 000 employés, et plus du tiers appartenaient à des entreprises comptant 10 employés ou moins.

Figure 25: Pourcentage de brevets canadiens par taille d'entreprise



Source : Office de la propriété intellectuelle du Canada

Ainsi, alors que des entreprises plus grandes détiennent la plupart des brevets au Canada et aux États Unis depuis 2016, nous observons le retour d'une période où la majorité des brevets appartiennent à des entreprises de moins de 1 000 employés et plus de 25 % des brevets appartiennent à des entreprises comptant moins de 10 employés. Cette tendance peut indiquer une maturité commerciale accrue au sein des petites entreprises.

Évolutivité, sécurité et interopérabilité des plateformes : Évolution de la maturité technologique

Pour qu'une blockchain devienne une technologie mature et conviviale, il faudra améliorer son évolutivité, sa sécurité et son interopérabilité. Plusieurs intervenants interrogés ont fait remarquer les obstacles actuels à l'adoption généralisée.



L'évolutivité et la sécurité s'amélioreront au fil du temps grâce aux chaînes de blocs publiques. Pour que les entreprises utilisent ces cadres publics, lorsque plusieurs parties sont concernées, la plateforme de la blockchain doit se conformer au format de données et aux politiques en matière de gouvernance des données de chaque partie, ce qui ne se produira pas instantanément, mais beaucoup de gens y travaillent. Les normes relatives à l'identité feront partie intégrante de l'industrie de la blockchain. Par exemple, au fil du temps, les identités sécurisées pour les capteurs de l'Internet des objets sur une chaîne d'approvisionnement seront possibles. Une infrastructure de soutien comme l'identité numérique permettra à la blockchain de devenir un système fiable au plein sens du terme.

- Baiju Jacob, ChainDigit



En matière d'identité, nous observons différentes plateformes sur lesquelles les utilisateurs alimentent les systèmes de gestion des identités, renforçant ainsi leur crédibilité, mais il n'existe aucune norme universelle en la matière. Nous constatons que nous sommes contraints d'utiliser des systèmes fermés et des chaînes de blocs privées qui créent un environnement fragmenté plutôt qu'universel, entraînant une fragmentation du stockage des titres de compétences. C'est comme posséder plusieurs portefeuilles. Je souhaite résoudre ce problème à l'aide d'une norme d'interopérabilité capable de consolider les titres de compétences.

- Alex Todd, ReliablyME

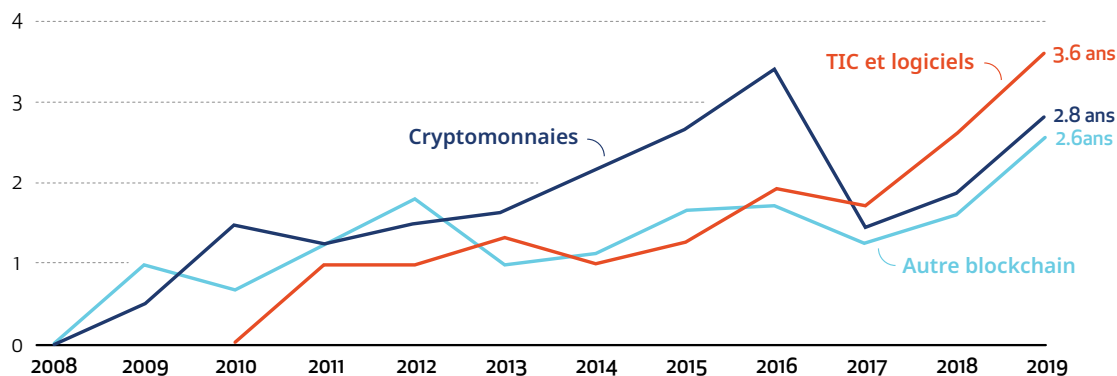
Des organisations telles que la Blockchain Interoperability Alliance⁶² et l'Enterprise Ethereum Alliance⁶³, chacune comptant des membres canadiens, tentent de trouver les innovations technologiques nécessaires pour améliorer l'interopérabilité de la blockchain.

⁶²ICON Foundation, « Blockchain Interoperability Alliance: ICON x Aion x Wanchain », Medium, 5 décembre 2017 : <https://medium.com/helloiconworld/blockchain-interoperability-alliance-icon-x-aion-x-wanchain-8aeaafb3ebdd>

⁶³ConsenSys, « Enterprise Ethereum Alliance Releases New Standards for Blockchain Interoperability », Medium, 13 mai 2019 : <https://media.consensys.net/enterprise-ethereum-alliance-releases-new-standards-for-blockchain-interoperability-c5dcea23ba8e>

La figure 26 appuie la preuve de maturation de l'industrie de la blockchain en précisant l'âge moyen des entreprises de cryptomonnaies et de la technologie blockchain au Canada depuis 2008⁶⁴ (à l'exclusion des entreprises établies ayant ajouté une spécialisation en blockchain après sa création). Alors que l'âge moyen des entreprises chute après une arrivée massive de jeunes entreprises en 2016, cette tendance pointe généralement vers une industrie en maturation. Aujourd'hui, en moyenne, les entreprises (ou les unités opérationnelles) de la blockchain fondées depuis 2008 ont environ 3 ans.

Figure 26: Âge moyen des entreprises de la blockchain fondées depuis 2008 (Canada)



Source: CTIC Remarque : Valeur de 2019 fondée sur la première moitié de l'année

⁶⁴Utilisant un ensemble d'échantillons recueillis dans le cadre de cette étude



Conclusion

Pendant 10 ans, on nous a promis que la blockchain allait réinventer Internet et simplifier la façon de faire un suivi sans rapport de confiance de la propriété d'actifs de valeur sans les intermédiaires souvent coûteux. Cette promesse de changer le monde des affaires et des finances, les chaînes d'approvisionnement, et même la société et la démocratie, a attiré l'attention de gens d'affaires, de décideurs politiques et d'universitaires, et la volatilité des cryptomonnaies en particulier a captivé l'imagination du public. Au cœur de cet intérêt considérable, la présente étude vise à fournir une analyse étendue de l'écosystème de la blockchain au Canada, y compris des descriptions des caractéristiques particulières de l'industrie à l'échelle des régions, ainsi qu'une analyse de l'emploi et d'autres tendances.

Même si la blockchain s'étend à l'ensemble du Canada, les villes de Toronto et de Vancouver sont au cœur de l'économie de la blockchain du pays. Ensemble, ces villes représentent le lieu de travail d'environ 65 % des travailleurs de la blockchain canadiens, les principaux emplois étant les développeurs de logiciels et les architectes de solutions, ainsi que d'autres postes relevant de la gouvernance de l'information, de la sécurité, de la vérification et du marketing.

Parallèlement, la croissance et la maturité de l'industrie de la blockchain au Canada sont mises à l'échelle. Malgré la croissance plus lente observée après un ralentissement (suivant le prix du bitcoin), collectivement, l'industrie de la blockchain est encore marquée par une croissance solide et une maturation marquée, bon nombre de cas pratiques approchant la viabilité alors que la preuve de concept est mise à l'essai. Même si le nombre de nouvelles entreprises est stable depuis 2016 et 2017, le nombre d'employés a presque doublé chaque année depuis 2015, et cette tendance ne semble pas faiblir. Le rapport Rallier un consensus canadien : L'évolution de notre écosystème de la blockchain présente plusieurs preuves de maturation et de diversification de l'industrie de la blockchain, alors que de nouvelles applications relatives à la chaîne d'approvisionnement, aux biens réels et aux soins de santé ont commencé à se matérialiser au cours des dernières années. La technologie et l'industrie de la blockchain promettent une croissance accrue et une perturbation des anciens processus, en plus de captiver l'imagination des gouvernements, des entrepreneurs et du public au fil de la création de nouvelles applications de la blockchain au Canada et à l'étranger.



Annexe

Méthodologie de recherche

La présente étude utilise des méthodes de recherche **qualitative** et **quantitative** pour caractériser la nature et les tendances de l'écosystème canadien de la blockchain. La section suivante traite des sources utilisées et des limites de la recherche.

Sources primaires

Recherche qualitative

Entrevues auprès d'intervenants clés : Le CTIC a réalisé 24 entrevues auprès d'intervenants clés provenant d'un groupe diversifié de participants de l'industrie canadienne de la blockchain. Les intervenants ont d'abord été recrutés dans le cadre d'une initiative de sensibilisation ciblée, puis lors d'un sondage en boule de neige et d'une sélection systématique pour obtenir une représentativité dans l'ensemble des régions et de l'industrie. Ces entrevues visaient à recueillir de l'information sur la description des organisations, la façon dont l'organisation utilise la technologie blockchain, ainsi que les compétences et les titres de poste de leurs employés travaillant dans le secteur de la blockchain. De plus, les consultants interrogés ont parlé de l'écosystème canadien de la blockchain, y compris des tendances régionales, des tendances au fil du temps, ainsi que des considérations opérationnelles et réglementaires. En raison de la concentration de l'industrie de la blockchain en Ontario, environ la moitié des intervenants interrogés provenaient de la région du Grand Toronto ou d'Ottawa. Un tiers des intervenants interrogés étaient du Québec et de la Colombie-Britannique, deux des plus importants carrefours de la blockchain au pays, et les autres participants provenaient de l'Alberta, de la Saskatchewan et de la Nouvelle-Écosse. Les suggestions et commentaires des consultants interrogés ont guidé la description qualitative de l'écosystème de la blockchain au Canada et permis de recenser de nouvelles sources de données quantitatives.

Comité consultatif : Le CTIC a également organisé 2 rencontres du comité consultatif composé de 11 consultants de l'industrie, dont 4 ont participé au processus d'entrevue, où les données et résultats initiaux ont été présentés. Le comité consultatif s'est réuni 2 fois au cours du projet afin de fournir des ressources supplémentaires, le cas échéant, d'évaluer les progrès de la recherche, et de valider les conclusions. Ces rencontres ont eu lieu entre avril et octobre 2019. Les experts ayant participé aux entrevues auprès d'intervenants clés et au comité consultatif incluaient des fondateurs, des directeurs, des dirigeants principaux de la technologie, des consultants et d'autres intervenants, comme de jeunes entreprises, des petites et moyennes entreprises, de grandes sociétés et des organismes sans but lucratif.

Tous les participants du comité et les intervenants interrogés reconnus dans le présent rapport sont nommés avec leur permission. Plusieurs participants préféreraient demeurer anonymes et leurs contributions ont donc été utilisées seulement sous forme agrégée.

Consultations supplémentaires : Au cours de l'étude, le CTIC a consulté des représentants de l'industrie dans le cadre de l'initiative de sensibilisation. Plusieurs représentants de l'industrie ont offert des ressources et des lectures secondaires ou communiqué avec le CTIC pour demander une entrevue, un contact ou un compte rendu de l'étude.

Recherche quantitative

Moissonnage du Web relatif aux entreprises : Des joueurs clés de l'écosystème de la blockchain au Canada ont été identifiés par le biais d'une rigoureuse approche de moissonnage du Web. Les entreprises basées au Canada et employant des Canadiens ont été incluses, et divers sites Web ont été examinés pour évaluer les activités de ces entreprises. Les données sur les entreprises incluaient l'année de fondation, le lieu et l'industrie. La recherche excluait les entreprises en double, celles qui ne semblaient plus actives, et celles qui semblaient être de faux positifs (c'est-à-dire des entreprises utilisant des mots clés de la blockchain dans leur article ou matériel de marketing, mais n'offrant pas de service ou de produit en lien avec la blockchain). Les grandes entreprises comportant des unités de la blockchain (p. ex. une banque disposant d'une unité de recherche et développement en blockchain) ont été incluses dans le processus de moissonnage du Web.

Moissonnage du Web relatif aux employés : Une base de données sur les employés des entreprises canadiennes de la blockchain a été créée selon les données accessibles au public. Des données sur les antécédents professionnels, les titres de postes, les études (établissement, diplôme et champ d'études) et le genre ont été recueillies. Le CTIC a anonymisé ces données et les a utilisées sous forme agrégée pour l'ensemble des résultats.

Offres d'emploi : Les offres d'emploi techniques liées à la blockchain au Canada ont été recueillies pour un rapide aperçu à la mi-septembre 2019. Ces résultats ont été utilisés sous forme agrégée pour analyser la demande.

Sources secondaires

Analyse documentaire : Un examen approfondi de la documentation mondiale et canadienne sur la blockchain a été fait pour établir les bases de référence de l'étude. L'analyse documentaire a permis de structurer les méthodes de recherche et les questions, tout en offrant une compréhension utile des enjeux actuels de la technologie blockchain en ce qui concerne les compétences et les emplois ainsi que les participants clés de l'industrie. L'analyse a permis au CTIC d'identifier des intervenants et des participants au comité consultatif, et d'établir une méthodologie de moissonnage du Web pour examiner autant les jeunes entreprises en lien avec la blockchain que les unités opérationnelles du secteur faisant partie de grandes organisations déjà établies.

En plus de l'analyse documentaire, le CTIC a eu accès à des sources de données secondaires accessibles au public, notamment des données sur des brevets canadiens et américains (utilisant les mots « blockchain », recueillies le 26 août 2019), des données de Google sur les tendances (utilisant les mots « blockchain », recueillies le 22 août 2019), et des données du site Meetup.com.

Les données du site Meetup présentées à la figure 8 ont été recueillies le 6 août 2019. Les termes de recherche (en anglais) « blockchain », « Bitcoin », « Ethereum » et « Hyperledger » ont été utilisés pour chaque capitale provinciale et territoriale, en plus des grandes villes dans chaque province autre que la capitale (p. ex. Toronto, Calgary, Vancouver et Saskatoon). La recherche a permis de recueillir des données sur la plus grande rencontre Meetup pour chaque terme de recherche, le nombre de membres présents à chaque rencontre, et le taux de participation le plus récent, comme l'indiquent les confirmations sur le site Meetup. Les résultats ont été rajustés pour la population en fonction du recensement de 2016.



Limites de la recherche

Bien que des efforts aient été faits pour réduire la partialité et les lacunes en matière de connaissances dans le présent rapport, l'incertitude et l'estimation sont inévitables dans le cadre de recherches sur une telle nouvelle technologie. La section suivante traite de plusieurs des limites touchant cette étude.

Extraction des données : Bien que des efforts aient été déployés pour s'assurer que seul l'écosystème canadien était inclus dans le rapport, le CTIC a présumé, dans le cadre du processus de moissonnage du Web, que les employés associés à une entreprise travaillaient au siège social de l'entreprise, ce qui n'est peut-être pas toujours le cas si de nombreux employés travaillent à distance par exemple, mais cette façon de faire a permis une approximation. Le moissonnage du Web a été effectué sur une période de trois mois, soit de mai à juillet 2019. Bien que l'étude ait tenté d'extraire des données en série chronologique de 2015 à aujourd'hui, au bout du compte, les chiffres de l'analyse du CTIC pour 2019 étaient soit incomplets ou estimés, selon le but visé. De même, les premières données de 2015 pourraient sous-estimer le nombre d'employés et d'entreprises puisque les personnes ou les entreprises ayant quitté l'écosystème de la blockchain sans laisser de traces en ligne n'auraient pas été identifiées à l'aide de ces méthodes. Il est aussi possible que les travailleurs et les entreprises au Canada n'aient pas tous rendu leur matériel accessible en ligne.

Données : Les recherches et les données existantes sur la blockchain au Canada sont très limitées et préliminaires. Le CTIC s'est efforcé de recueillir des données auprès du plus grand nombre possible de sources afin de présenter un portrait holistique de l'écosystème de la blockchain : plusieurs sources potentielles de données, comme GitHub, se sont avérées riches en contenu en général, mais difficiles à restreindre aux contributions canadiennes seulement. Par conséquent, la recherche des prochaines années pourrait miser sur cette étude et combler les écarts de données ou de méthodologie au fil du temps et au fur et à mesure que d'autres données sur la blockchain au Canada deviennent disponibles.

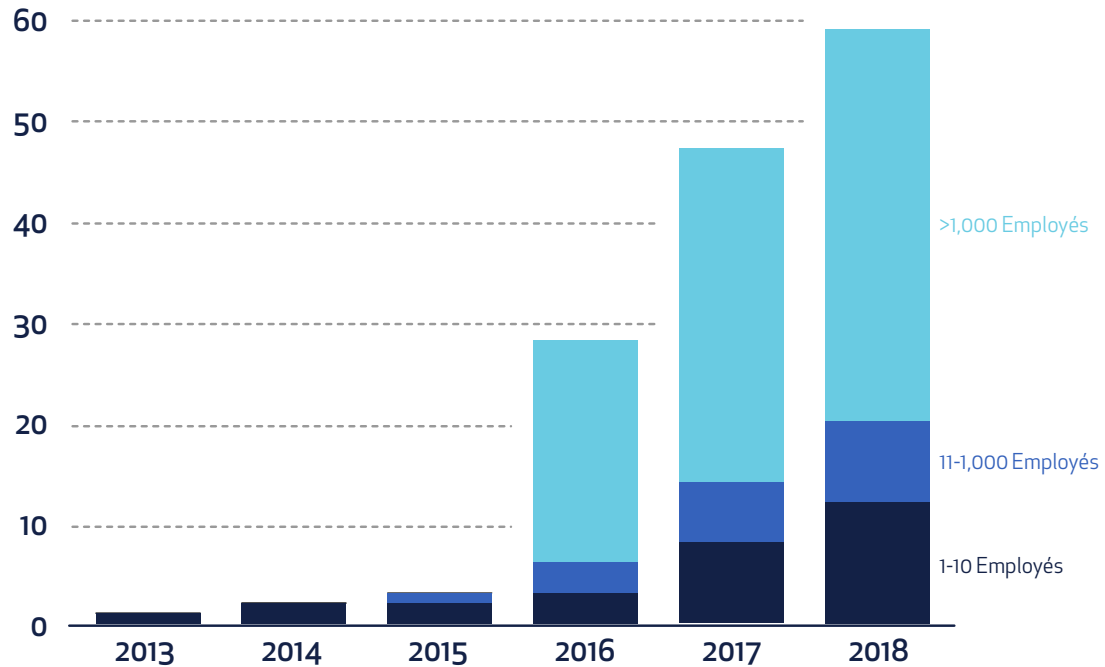
Prévisions : En raison du caractère novateur, de la volatilité et de la complexité de l'écosystème de la blockchain, ainsi que des données limitées, il est peu probable que les prévisions soient exactes. L'emploi, les entreprises et l'usage dans le secteur de la blockchain ne suivent pas une tendance suffisamment prévisible pour établir des prévisions significatives à long terme, bien que le CTIC établisse parfois des prévisions à très court terme pour les derniers mois de l'année 2019 dans le cadre du présent rapport.



Autres figures

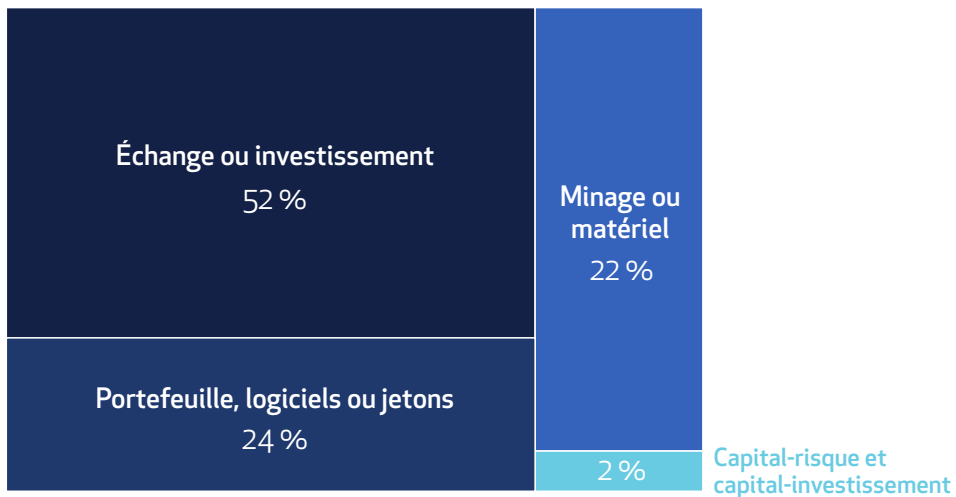
Cette section comprend des figures supplémentaires sur les données relatives aux brevets pour ceux qui désirent encore plus de contexte.

Brevets canadiens cumulatifs par taille d'entreprise (total)



Source : Office de la propriété intellectuelle du Canada Remarque : La valeur de 2018 est probablement une sous-estimation en raison du lent processus de traitement des brevets.

Industries des cryptomonnaies au Canada



Source: CTIC