

Montréal, le Québec, le Canada : numérique à quel point ?

1^{ER} RAPPORT DU PROJET DIAGNOSTIC

RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL DIRIGÉ PAR MAXIME PINSARD

Membres du groupe : Maxime Pinsard, Julien Toussaint, Maxime Souben, Leo Queinnec, Allan Blardone, Rodin Jean.

License : CC-BY-NC-SA 

Partage libre avec attribution des auteurs, pas d'utilisation commerciale, partage dans les mêmes conditions.



Pourquoi ce rapport ?

Intelligence artificielle, 5G, véhicules autonomes, réalité augmentée... L'accélération des nouveaux usages du numérique est continue depuis la première bulle internet de la fin des années 1990. Dans le cadre de notre activité de laboratoire d'idées (*think tank*) sur la transition écologique et sobre en carbone, il nous paraît donc important de déterminer si les technologies de l'information et de la communication (TIC) seront un frein ou un atout pour décarboner l'économie et limiter l'impact sur les écosystèmes d'une manière générale. Nous avons lancé en avril 2020 le projet "DiagnosTIC" pour quantifier ces impacts. Nous souhaitons nous limiter à une étendue locale (Québec, Canada), de nombreux rapports publics sur les impacts mondiaux du numérique ayant déjà fleuri dans les dernières années, avec entre autres l'étude de GreenIT [60] ou les 3 rapports *Lean ICT* [61] de l'ONG française *The Shift Project**

Pour pouvoir mener cette étude locale, il nous est apparu essentiel dans un premier temps de dresser le portrait le plus fidèle possible des TIC au Québec et au Canada : cartographier le numérique dans cette zone géographique, caractériser les différents aspects des TIC utilisées et les mettre en perspective selon les régions pour donner une vue d'ensemble de l'intensité de la présence de ces technologies au niveau provincial et fédéral.

Ce rapport est donc la première étape du projet "DiagnosTIC" mené par *Les Shifters Montréal*, et ne vise aucunement à être exhaustif dans son état des lieux des TIC. Il pourra par contre servir de référence pour quiconque souhaite accéder à des informations quantitatives ou générales sur la question, mais aussi de recueil bibliographique (autres rapports, études, articles, etc.) présentant de nombreuses sources récentes. Bonne lecture !

Mots-clés : numérique, TIC, technologies, digital, Montréal, Québec, Canada, I.A., jeux-vidéos, IoT, infonuagique, *smart techs*

* Le présent rapport n'engage en rien la responsabilité de *The Shift Project*, ni de son association sœur *Les Shifters*. Les Shifters Montréal gardent la responsabilité pleine et entière des données et opinions du présent document.

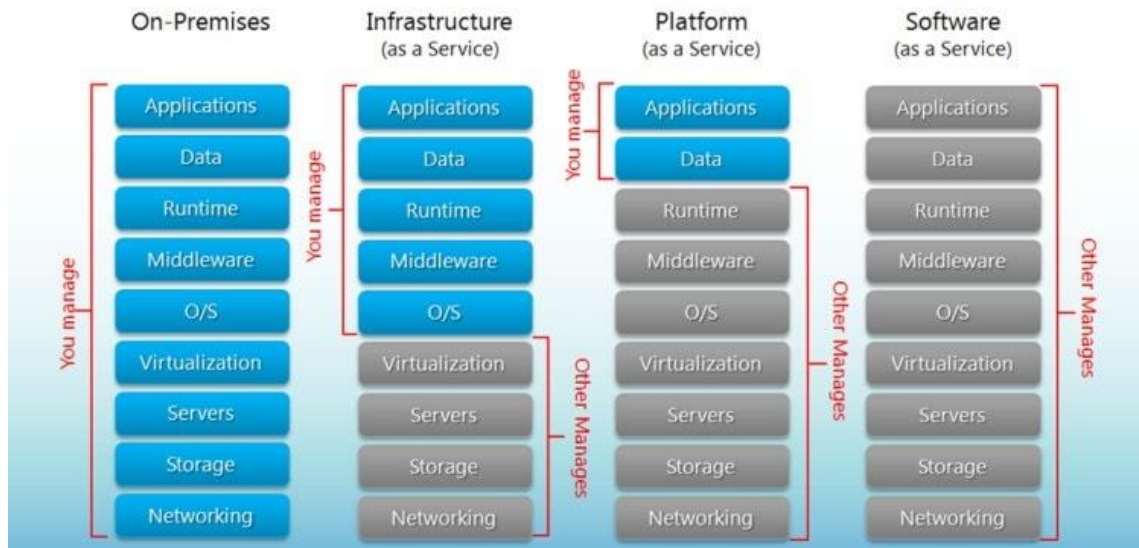
Présentation des auteurs

M. Pinsard est ingénieur, et depuis mi-2020 PhD en énergie et matériaux de l'INRS Montréal. Il gère aussi l'antenne montréalaise du Low-tech Lab (basses technologies).	J. Toussaint est ingénieur et consultant en énergie, notamment sur les enjeux de décarbonation. Il a co-créé l'antenne des <i>Shifters Montréal</i> en janvier 2019.
L. Queinnec est ingénieur en aéronautique (ISAE, France), gestionnaire de programme chez Stelia Aerospace.	M. Souben est ingénieur en aéronautique chez Stelia Aerospace et candidat en MBA à HEC Montréal.
A. Blardone est ingénieur en science des matériaux, ancien étudiant de l'ETS Montréal.	R. Jean est ingénieur Arts et Métiers et candidat à la maîtrise en génie civil (Université Laval, Québec), chargé de projet chez Command Alkon.

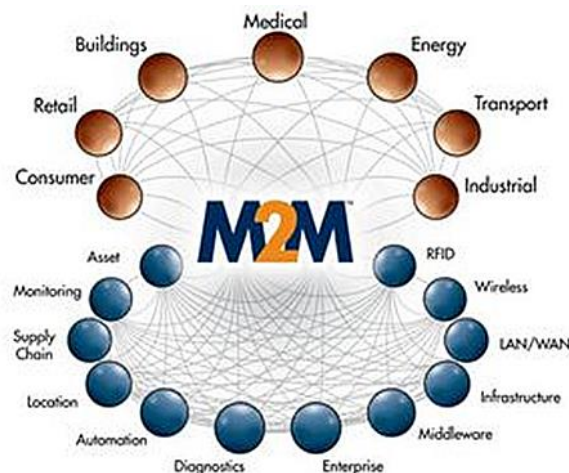
Glossaire :

- Apprentissage en ligne : *e-learning* (en), « Mode d'apprentissage basé sur l'utilisation des nouvelles technologies, qui permet l'accès à des formations en ligne, interactives et parfois personnalisées, diffusées par l'intermédiaire d'Internet, afin de développer les compétences, tout en rendant le processus d'apprentissage indépendant de l'heure et de l'endroit. » (Source : [l'OQLF](#))
- Chaîne de bloc : *blockchain* (en), « Dans son application courante, la technologie des chaînes de blocs se présente sous la forme d'un réseau composé d'une communauté d'utilisateurs [...]. La méthode d'enregistrement et de validation des transactions (le minage) permet de trouver, en employant des techniques cryptographiques, une empreinte électronique unique (le « hash ») pour chaque nouveau bloc créé, qui intègre également le « hash » du bloc précédent. Au final, la chaîne de blocs se présente comme un grand registre public — dont chaque participant détient une copie — constamment mis à jour, qui agit comme un système de confiance sécurisé, infalsifiable, reposant sur une forme de consensus automatisé et décentralisé. » (citation de [\[13\]](#)).
- Cours en ligne ouverts massivement (CLOM) : *Massive Online Open Course (MOOC)*, « Formation accessible à tous, dispensée dans l'Internet par des établissements d'enseignement, des entreprises, des organismes ou des particuliers, qui offre à chacun la possibilité d'évaluer ses connaissances et peut déboucher sur une certification ». (Source : [OQLF](#))
- G\$: milliards de \$; M\$: millions de \$
- Gbps : Giga bit par seconde, Mbps : mega bit par seconde
- GAFAM : Google, Amazon, Facebook, Apple et Microsoft, les géants du web et des TIC en général
- *Hacking* (en) : Bidouillage, le plus souvent informatique. À ne pas confondre avec le piratage informatique (en : *cracking*).
- I.A. : Intelligence Artificielle (en : *AI*), technologies liées à l'apprentissage machine (*machine learning*), le plus souvent en apprentissage profond (*deep learning*).
- Infonuagique : *cloud computing* (en), avec 3 niveaux différents de mise sur le cloud. Avec le « *On premises* » (ou *traditional*), tout est stocké et géré localement. *Infrastructure as a Service* (IaaS) : seuls le stockage, la mise en réseau et les serveurs sont gérés par une compagnie de service, utilisé par une entité d'affaire voulant éviter d'investir dans des infrastructures coûteuses. *Platform as a Service* (PaaS) : le système d'exploitation (OS), et les couches *middleware* et *runtime* sont gérés en plus par l'entreprise de service, utilisé principalement par

des développeurs. *Software as a Service* (SaaS) : les données et les applications sont en plus gérées par l'entreprise de service, si bien qu'elle gère toute la chaîne (l'utilisateur accède au service via une page web). À noter que les services grand public tels que Google Apps ou Dropbox sont toutes SaaS. Voir figure ci-dessous extraite de [ce lien](#) :



- M2M : *machine to machine* (en), communication machine à machine. Très utilisé pour les capteurs, le trafic routier, les puces RFID ou les services bancaires : voir [ici](#), et le schéma associé :



- Mégadonnées : syn. données massives (en : *Big Data*), données en quantité suffisamment importante pour n'être traitable que par un ordinateur, et non par un (ou des) humain(s).
- *Over-the-top* (en), OTT : service de vidéo de contournement.
- Réseaux électriques intelligents (*smart-grids*) : réseau électrique utilisant un transfert d'informations entre utilisateurs et les centrales pour ajuster leur production à la demande en temps réel.
- STI : Systèmes de Transport Intelligents

- T.I.C. : Technologies de l'Information et de la Communication (en : *ICT*), TI = Technologies de l'Information (en : *IT*), aussi parfois appelé informatique.
- Téléversement : *upload* (en)
- Technologie de l'éducation : *Educational technology (ed-tech)*, « ensemble de connaissances, d'applications et de dispositifs qui permettent l'application d'outils technologiques dans le domaine de l'éducation. En d'autres termes, il s'agit de résoudre les problèmes éducatifs par l'utilisation des technologies de l'information. » ([source](#))
- Technologie propre : *cleantech* (en)
- AR : *Augmented Reality* (en), réalité augmentée. Selon [l'Office Québécois de la langue française](#), ce sont les « technologies interactives consistant à superposer en temps réel des images virtuelles, ou des informations complémentaires, à des images issues du monde réel, à partir d'un dispositif de visualisation. »
- VR : *Virtual Reality* (en), réalité virtuelle. Selon [l'OQLF](#), ce sont les « technologies permettant une simulation interactive et en temps réel de la réalité, par la création par ordinateur, à l'aide d'images de synthèse, d'un environnement virtuel en 3D dans lequel on peut évoluer, et procurant la sensation d'une immersion dans un monde réel. »
- XR : ou MR, *Mixed Reality* (en), réalité mixte. Mélange de réalité augmentée et de réalité virtuelle. « Technologie combinant immersion et holographie, qui consiste à intégrer en temps réel des éléments virtuels dans l'environnement réel de l'utilisateur, permettant leur coexistence et une interaction naturelle et intuitive, et où le virtuel et le réel se confondent de manière transparente pour l'utilisateur. », selon [l'OQLF](#).

N.B. : Les chiffres mondiaux sont indiqués en dollars américains (USD), tandis que les chiffres du Canada, Québec et Montréal sont en dollars canadiens (1 CAD ~ 0.75USD mi-2020).

Sommaire

POURQUOI CE RAPPORT ?	1
MOTS-CLÉS : NUMÉRIQUE, TIC, TECHNOLOGIES, DIGITAL, MONTRÉAL, QUÉBEC, CANADA, I.A., JEUX-VIDÉOS, IOT, INFONUAGIQUE, SMART TECHS	1
GLOSSAIRE :	2
SOMMAIRE	5
INTRODUCTION	7
1. MÉTHODOLOGIE, DÉFINITION DU SUJET	7
1.1. SECTEURS DU « NUMÉRIQUE »	7
1.2. INNOVATIONS RÉCENTES ET EN DÉVELOPPEMENT	8
1.3. LES T.I.C. NE SONT PAS DES « TECHNOLOGIES PROPRES » (CLEANTECHS) ?	9
1.4. LA PRÉSENCE DE PLUS EN PLUS MARQUÉE DU NUMÉRIQUE DANS TOUS LES SECTEURS	9
2. LES TIC POUR LES QUÉBÉCOIS ET LES CANADIENS	11
2.1 GÉNÉRALITÉS	11
2.2 USAGES LIÉS AU NUMÉRIQUE ET PÉNÉTRATION	11
2.3 UN CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL FAVORABLE À L'UTILISATION DES T.I.C.	12
2.4 COUVERTURE NUMÉRIQUE DE LA PROVINCE	13
2.5 PÔLES DE T.I. HORS MÉTROPOLE	16
2.6 LES PAIEMENTS – LE E-COMMERCE	18
2.7 PERSPECTIVES DU DOMAINE DE L'ÉNERGIE AU QUÉBEC, ET AU CANADA	19
2.8 L'AGRICULTURE INTELLIGENTE (SMART FARMING)	21
2.9 LES VILLES INTELLIGENTES ET LE E-TOURISME	21
2.10 LES TIC DANS L'ÉDUCATION	23
2.11 À L'AVENIR : LE DÉPLOIEMENT DE LA 5G ET AUTRES	25
3. L'INDUSTRIE DES TIC AU CANADA, ET AU QUÉBEC	25
3.1 GÉNÉRALITÉS	25
3.2 L'USINE INTELLIGENTE, OU « INDUSTRIE 4.0 »	28
3.3 LA ROBOTIQUE	29
3.4 L'INFONUAGIQUE, OU « CLOUD COMPUTING »	30
3.5 LES BÂTIMENTS INTELLIGENTS (SMART BUILDING)	31
3.6 LA MOBILITÉ CONNECTÉE, LES TRANSPORTS INTELLIGENTS ET LES VÉHICULES AUTONOMES	32
3.7 LE M2M ET L'INTERNET DES OBJETS (IDO OU IOT)	33
3.8 LES TIC DANS LES ARTS, LA CRÉATIVITÉ NUMÉRIQUE	33
3.9 LE NUMÉRIQUE DANS LA PUBLICITÉ	35
3.10 LA RÉALITÉ VIRTUELLE (VR), RÉALITÉ AUGMENTÉE (AR) ET RÉALITÉ MIXTE (XR)	36
3.11 L'IMPRESSION 3D	36
3.12 CYBERDÉFENSE ET PROTECTION DES DONNÉES	37
3.13 LES TIC DANS LES FORCES ARMÉES	37
3.14 CONCLUSION	37

4. L'AGGLOMÉRATION DE MONTRÉAL	38
4.1 LES T.I.C. EN GÉNÉRAL	38
4.2 L'IA	39
4.3 LES CENTRES DE DONNÉES	39
4.5 LES CRYPTO-MONNAIES	42
4.6 LES « FINTECH », FINANCIAL TECHNOLOGIES.....	43
4.7 LE PORNO	43
4.8 LES COMMUNAUTÉS DE HACKERS	43
4.9 LA VR/AR/XR À MONTRÉAL.....	44
4.10 LES JEUX-VIDÉOS	44
4.11. AUTRES DIVERTISSEMENTS.....	44
4.12. AUTRES DOMAINES MINEURS	44
4.13. CONCLUSION (MONTRÉAL).....	45
5. OUVERTURE : AILLEURS AU CANADA ET EN AMÉRIQUE DU NORD	45
5.1. COMPARAISON ENTRE LES PROVINCES	46
5.2. COMPARAISON AVEC LA VILLE DE TORONTO, ET L'ONTARIO	48
5.3. COMPARAISON AVEC LES USA	48
5.4. LES TIC AU CANADA COMPARÉ AUX AUTRES NATIONS.....	49
5.5. AUTRES PERSPECTIVES FUTURES, IMPACTS DE LA PANDÉMIE DE COVID19	50
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	51
PORTRAIT GLOBAL.....	51
PERSPECTIVES DE L'AUGMENTATION DU NUMÉRIQUE	51
ANNEXES	53
A.1 RÉSUMÉ DES POLITIQUES INCITATIVES POUR LE DÉVELOPPEMENT DES TIC AU QUÉBEC ET CANADA	53
REMERCIEMENTS.....	54
BIBLIOGRAPHIE.....	54
RÉFÉRENCES DÉTAILLÉES	54

Introduction

Une nouvelle ère du numérique pourrait s'être engagée depuis le début du XXI^e siècle, avec l'avènement de ce que certains appellent le « web 2.0 » (blogs, réseaux sociaux vers 2004), et ne semble pas discontinuer : l'internet des objets et ses innovations connexes font même maintenant miroiter la naissance d'un web « 3.0 ». Tout ceci bouleverse grandement de nombreux points de la société, et semble favoriser une course en avant technologique plutôt qu'une réelle pérennisation des avancées : la 4G nous permet aujourd'hui une connexion en temps réel à toute sorte de services, mais la 5G est déjà en train de la rendre obsolète, tandis que des chercheurs [réfléchissent déjà à la 6G](#).

Pourtant ce genre de rupture technologique prend toujours un certain temps à percer dans les usages, car il faut qu'elles répondent à un réel besoin. Le Canada, et notre province de résidence, le Québec, font partie des pays riches de l'hémisphère nord et de l'OCDE : il leur est donc indispensable de suivre le développement exponentiel du numérique à l'échelle mondiale pour pouvoir persister comme acteur important tant sur le plan économique, géopolitique, ou même culturel. Nous allons cependant montrer que ce vaste territoire, malgré son faible poids dans la population mondiale (0.5%), est en fait le fer-de-lance pour de nombreuses innovations du numérique.

Après avoir défini l'étendue du sujet traité, nous dresserons tout d'abord le portrait du numérique dans les ménages au Canada et au Québec, avant de nous pencher sur les industries. Puisque nous sommes implantés à Montréal, nous en profiterons pour zoomer sur cette métropole afin de comprendre son rôle de leader, et nous finirons par une comparaison entre les différentes provinces canadiennes, et leur voisin états-unien en guise d'ouverture.

1. Méthodologie, définition du sujet

1.1. Secteurs du « numérique »

La frontière entre le secteur des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) et celui des médias et divertissements (E&M, *Entertainment and Media*) est toujours mal définie. Les TIC sont généralement définies comme incluant les centres de données, les réseaux informatiques (publics et entreprises) et les appareils électroniques [\[49\]](#), alors que le E&M comprend les réseaux de radiodiffusion (ondes TV, radio), les appareils de divertissement (TV, boîtiers TV, lecteurs DVD/Bluray, lecteurs multimédias, systèmes de son, lecteurs portables, casques audios, caméras, consoles de jeux fixes et portables, affichage *automotive*, réalité virtuelle), mais aussi divers services (vidéos et messageries *over the top* OTT, le cinéma, publicités numériques, etc.) [\[50\]](#), et les médias papiers [\[49\]](#). Nous incluons par la suite ces catégories dans les « TIC » (à l'exception des supports papiers bien entendu) aussi appelées « technologies numériques », voir **Figure 1**.

La définition originelle des TIC comprend aussi les T.I. et les communications. Ces dernières sont divisées (notamment par la définition canadienne [\[80\]](#)) en deux secteurs : celui des télécommunications (téléphone, internet, mobile) et de la radiodiffusion (télévision traditionnelle, stations de radio et entreprises de distribution) [\[80\]](#). En effet, une distinction contient le risque d'un double comptage. De plus, ces secteurs sont intrinsèquement liés et s'alimentent l'un l'autre : plus un employé utilise de numérique à la maison et dans sa vie personnelle, plus il sera à même de les utiliser dans son travail, même si elles ne concernent pas du divertissement. Réciproquement, plus les entreprises habituent leurs employés aux TIC, plus ils trouveront naturel d'en consommer en dehors du travail.

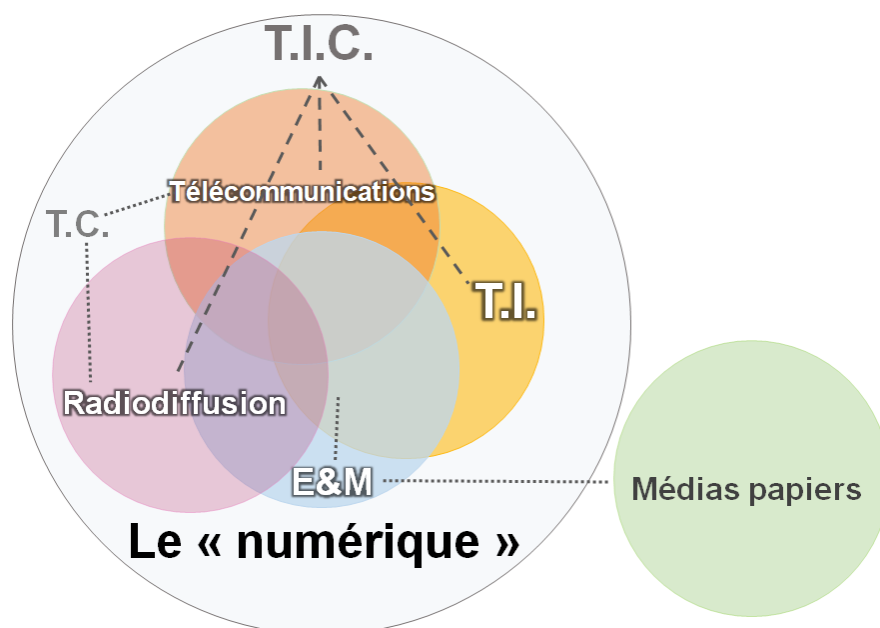


Figure 1 : Domaines appartenant au secteur des communications (c.) : médias papier, radiodiffusion (analogique) et télécommunications. Les technologies de l'information (T.I.) ont un lien avec ce secteur, et celui du divertissement et média (E&M) également. Les TIC représentent les T.I. et les communications (c.). Le numérique comprend les TIC et l'E&M non-papier. ©2020 Les Shifters Montréal.

Enfin, il est clair que de nombreux secteurs du divertissement et des arts font intervenir directement ou indirectement des TIC (voir **Figure 37** dans la section), et en utiliseront à coup sûr de plus en plus dans le futur [\[51\]](#).

1.2. Innovations récentes et en développement

Les nouvelles technologies sont également développées tous azimuts actuellement, car chaque secteur y voit des opportunités en termes d'emplois ou de gain de productivité. Il est donc parfois difficile de s'y retrouver : quelles innovations sont pertinentes ? Quel est le lien entre elles ? Nous avons identifié et cartographié (**Figure 2**) une dizaine de technologies de plus en plus citées par les médias grand public ou professionnels, susceptibles d'être déjà implémentées ou de l'être dans un futur proche. On voit qu'il s'agit d'un véritable écosystème, dans lequel les innovations en entraînent d'autres : le développement de l'I.A. permet ainsi d'envisager des villes intelligentes ou des véhicules autonomes, mais ceux-ci produiront également des données qui renforceront ces I.A. grâce à des traitements de leurs mégadonnées par exemple. De même, les réalités virtuelles et augmentées (VR/AR) pourraient permettre des applications de contrôle à distance, éventuellement supportées par de l'I.A., mais pourraient avoir besoin de technologies 5G voire d'internet des objets pour communiquer efficacement. Le système est bien bouclé, et environ 25% des dépenses en T.I. étaient d'ailleurs directement pour de la transformation des usages et de l'innovation (donc utiliser de la T.I. pour faire plus de T.I., ou la faire mieux) [\[78\]](#). Ce chiffre devrait croître de 16% par an pour atteindre 50% des dépenses de T.I. en 2025 selon IDC Canada [\[78\]](#), accentuant encore plus cet aspect !

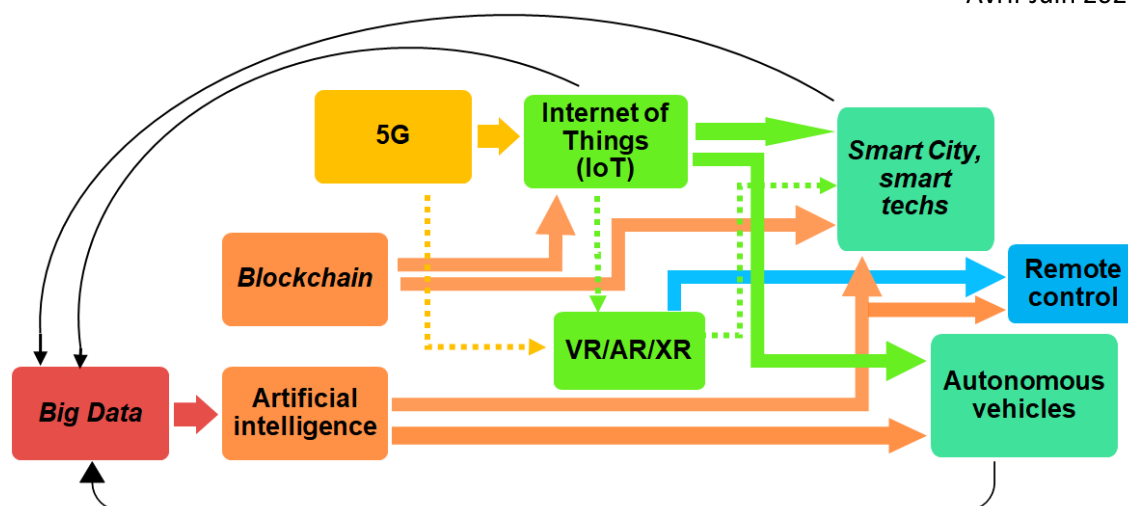


Figure 2 : Diagramme des relations entre les différentes innovations à court terme en TIC. Le *Big Data* permet de développer l'IA, et les chaînes de bloc, couplées à la 5G, rendent possible l'IoT, ce qui permettra de développer la ville intelligente et les *smart techs*, voire les véhicules autonomes. Le système est bouclé, car les applications finales récoltent des données qui permettent de nourrir les I.A. et les secteurs de *Big Data* (mégadonnées). ©2020 Les Shifters Montréal.

1.3. Les T.I.C. ne sont pas des « technologies propres » (cleantechs) ?

Les « technologies propres » ou *cleantechs* représentent environ 350 entreprises pour 9000 emplois au Québec [34]. Au premier abord on pourrait s'attendre à voir apparaître certaines T.I.C., mais ce n'est pas le cas (Figure 3) : ces entreprises sont comptabilisées à 43% dans le domaine de l'énergie, et le reste dans le traitement des pollutions diverses [34]. En fait de nombreuses T.I.C. sont utilisées dans ces secteurs comme outils, et n'apparaissent donc pas dans la vue d'ensemble.

Pourtant, ces T.I.C. pourraient avoir un impact négatif sur le bilan environnemental de l'activité *cleantech* qui les utilise et, à l'inverse, ces activités pourraient contrebalancer l'empreinte écologique des T.I.C. (réduction de la pollution, etc.).

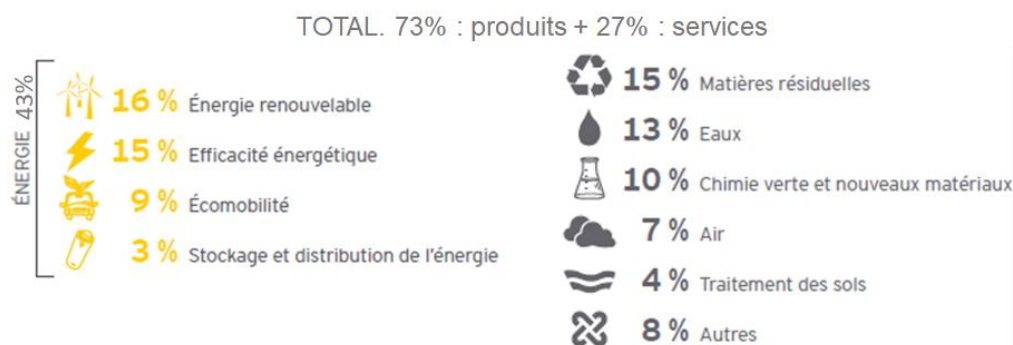


Figure 3: Répartition des entreprises vouées aux technologies propres au Québec (extrait de [34]).

Par exemple, la compagnie Mogile Tech développe des interfaces web (donc liées au TIC) et est comptabilisée dans la technologie propre écomobilité [35]. Les TIC ne sont pas non plus mentionnées dans le dernier « baromètre de la consommation responsable » du Québec [47].

1.4. La présence de plus en plus marquée du numérique dans tous les secteurs

Au fil des années le nombre d'objets numériques s'est multiplié : d'un milliard d'objets connectés en 2010, le monde en a 20 milliards en 2020 (alors que les utilisateurs n'ont fait que $\times 2$), et va certainement encore multiplier ce chiffre par plus de deux d'ici 2025 (voir **Figure 4**) [60]. De plus, les TIC se sont introduites dans presque tous les aspects de la vie quotidienne d'un Occidental moyen (voir **Figure 5**) : depuis les années 2000, l'ensemble des usages de la vie quotidienne a été bouleversé par l'arrivée d'innovations comme internet ou les téléphones intelligents. Si bien qu'en 2020, il est rare de se passer de numérique pour beaucoup d'usages comme prendre des notes, travailler, s'informer, communiquer, ou encore acquérir des connaissances. Le numérique s'infiltré même dans des domaines plus incongrus comme tout type de sport et même le soin des animaux domestiques (distributeur de croquettes connecté, collier intelligent, webcam de surveillance, robot d'interaction, etc.).

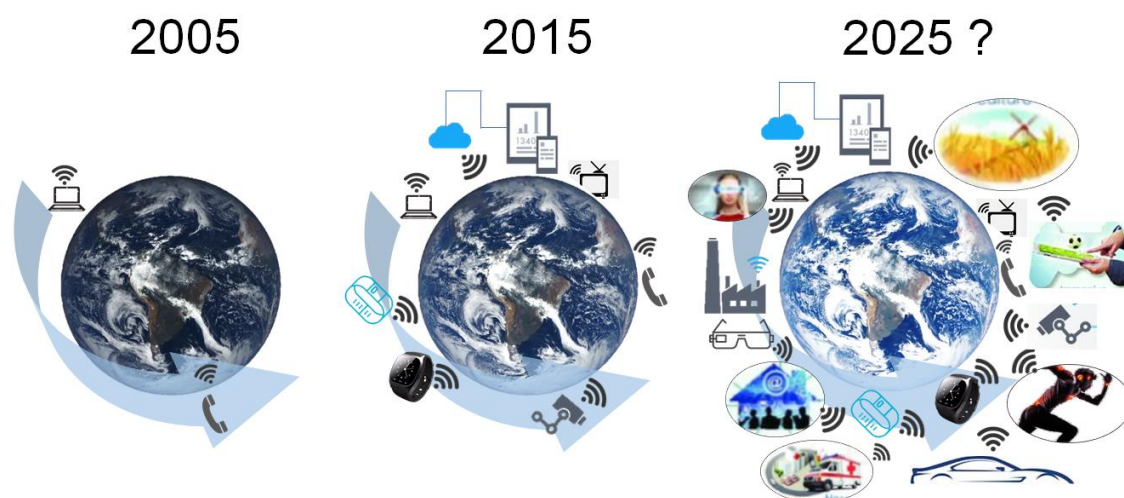


Figure 4 : Multiplication des objets connectés entre 2005 et 2025. ©2020 Les Shifters Montréal.

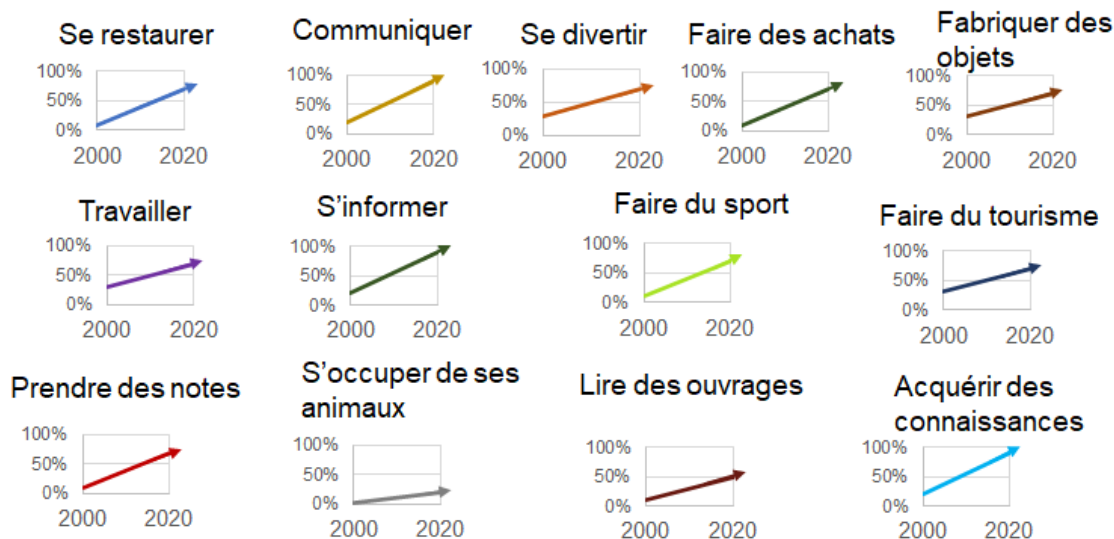


Figure 5 : Pénétration continue du numérique dans tous les aspects de la vie de 2000 à 2020 (courbes à titre indicatif, non représentatives de chiffres réels). ©2020 Les Shifters Montréal.

Le Canada, on va le voir, n'est pas en reste : suit-il à peu près la moyenne des pays du Nord, est-il plus « déconnecté » que d'autres, ou au contraire saisit-il à bras-le-corps la révolution numérique actuelle pour en devenir un chef de file ?

2. Les TIC pour les Québécois et les Canadiens

2.1 Généralités

Les Canadiens et les Québécois sont de grands consommateurs de numérique : de [2010 à 2016](#) ils étaient déjà ceux qui [passaient le plus de temps en ligne](#) au monde. Depuis, d'autres pays ont émergé et sont passés devant [\[102\]](#), mais un Canadien moyen a quand même consommé 1000 Go de données en 2019, c'est-à-dire trois fois plus que la moyenne mondiale (300 Go) [\[83\]](#).

2.2 Usages liés au numérique et pénétration

L'adoption des téléphones intelligents (*smartphone*) au Québec a doublé entre 2012 et 2017 [\[16\]](#) (sondage sur 1000 personnes), si bien qu'en 2017, 2/3 des Québécois avaient un téléphone intelligent personnel, avec une disparité du simple au double entre la jeune génération (18-34 ans, 88%) et leurs aînés (55-64 ans, la moitié, 44%) par exemple [\[16\]](#). Cependant il y a eu une très forte progression dans les années 2018 et 2019, car plus de $\frac{3}{4}$ possédaient ce type d'appareil en 2019, ce chiffre atteignant 69% chez les 55-64 ans (voir **Figure 6**) [\[16\]](#).

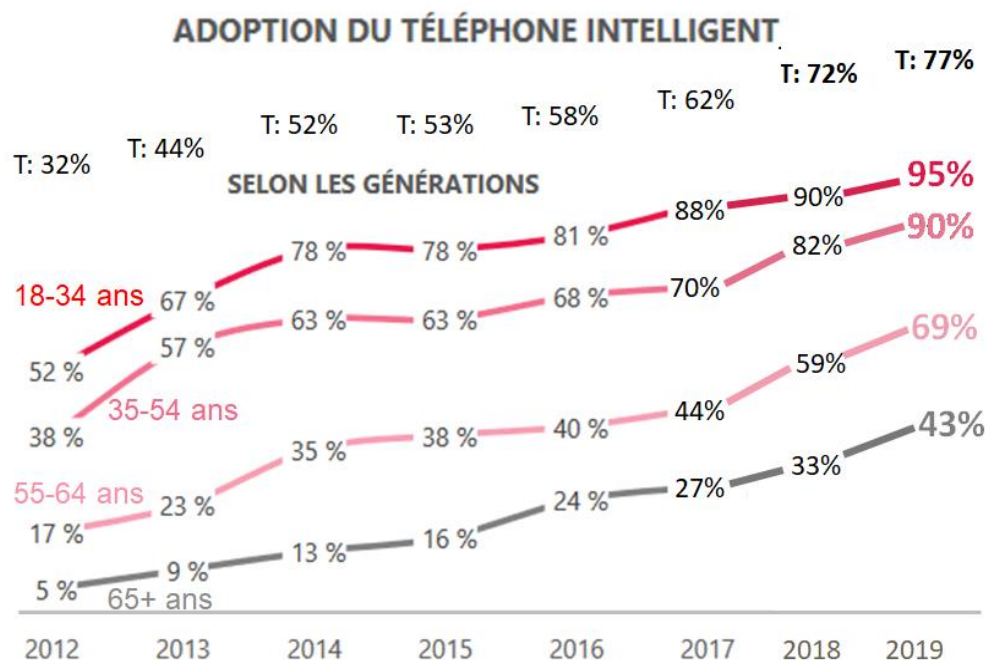


Figure 6: Adoption d'un appareil TIC (ici téléphone intelligent) en fonction des générations au Québec, 2012-2019 (adapté de [\[16\]](#) avec des données compilées de [\[15, 16\]](#)).

De façon remarquable ces taux de pénétrations sont sensiblement moins élevés lorsqu'on les compare à la France, où ils atteignaient plus de 96% chez les 18-34 ans et plus de 70% chez les 55-64 ans dès 2017 [\[17\]](#). Tout porte cependant à penser que ces taux continueront sur une croissance soutenue dans les prochaines années, en particulier chez les tranches d'âge les plus vieilles. Cependant, la quasi-totalité des personnes (95%) possédait en 2019 un appareil capable de se connecter à internet (tablette, ordinateur, etc.) [\[15\]](#), le terminal le plus populaire étant l'ordinateur à plus de 80%, mais qui tend à se faire doubler par le téléphone intelligent (**Figure 7**). Les ordinateurs, téléphones, tablettes, TV, bracelets et montres intelligentes ont été de plus en plus adoptés entre 2016 et 2019, alors que les lecteurs multimédias et consoles de jeu ont plutôt stagné (**Figure 7**) [\[15\]](#).

ADOPTION DES APPAREILS ÉLECTRONIQUES AU QUÉBEC

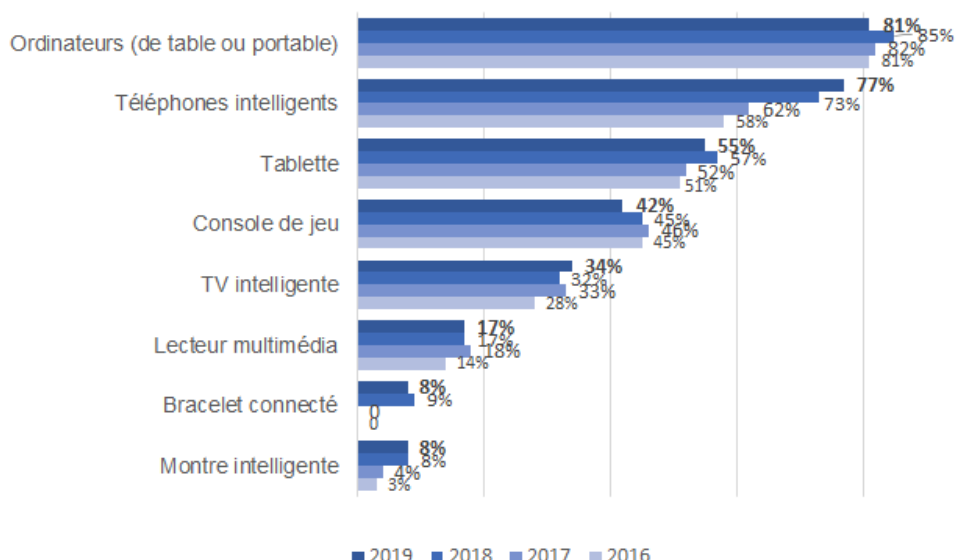


Figure 7: Pénétration de différents terminaux TIC (en % de la population québécoise), 2016-2019.). ©2020 Les Shifters Montréal, avec chiffres de [15, 16].

De plus, 92% des foyers québécois avaient une connexion internet (résidentielle) en 2018 [15]. En France il était estimé qu'un ménage possédait une centaine d'appareils électriques et électroniques en 2016 [55], et qu'il produisait environ 20kg de déchets électroniques par an [56]. Le CEFRIQ au Québec ne renseigne cependant pas le nombre d'appareils par foyer.

Parmi tous ces appareils électroniques, GSMA a d'autre part identifié 25 appareils directement identifiables comme numériques (2015) pour un foyer de 4 personnes [57], mais il est à noter que cela ne comprend pas tous les petits objets, liés au numérique (clés USB, etc.) ou non (ex : radios-réveils). De plus, la variable intéressante en termes de pollution n'est pas tant le nombre d'objets, mais leur poids environnemental spécifique. Enfin, GreenIT quantifie 8 appareils électroniques par personne connectée (moyenne mondiale), mais spécifie que la répartition est inégale entre pays riches et pays émergents [60].

Foyer de 4 personnes	Appareils électriques + électroniques (France) [55]	Appareils numériques principaux (OCDE) [57]
Nombre	~100	~25

2.3 Un contexte environnemental favorable à l'utilisation des T.I.C.

La présence d'hivers rigoureux au Québec et au Canada favorise le coucouinage (*cocooning*), et ainsi la consommation de services numériques de divertissement, au moins durant cette période. De plus, on peut citer le problème de l'abondance de neige et verglas durant cette période de l'année qui provoque des conditions bien peu propices au trafic routier et [incite fortement au télétravail](#), donc à la consommation de connexions à distance et d'appels vidéos. Cette tendance fut d'autant plus accentuée par la pandémie de COVID19 (augmentation de 2,6% de la consommation électrique résidentielle entre le 13 mars et le 10 mai) [La Presse], et devrait rester la nouvelle norme pour le travail de bureau. Enfin, des services de télésanté ou de travail à distance sont déjà très répandus pour pallier aux longues distances à parcourir dans le pays ou la province.

Également, le climat froid est cité comme un atout à l'implémentation des centres de données grâce à l'utilisation du refroidissement naturel pour réguler la température des machines (voir [section 4.3](#) concernant Montréal) [14].

2.4 Couverture numérique de la province

Le gouvernement du Canada a mis en ligne les cartes de raccordement à internet pour toutes les provinces : au Québec c'est surtout la zone urbaine Gatineau – Montréal – Québec (extrême sud) qui bénéficie d'une couverture étendue d'accès à internet (**Figure 8**, jaune) et les zones urbaines denses d'un accès au très haut débit (marron). Avec son plan « Brancher Pour Innover » (BPI, 2016), le gouvernement canadien espère cependant relier de très nombreuses régions au haut débit, voire très haut débit (rouge).

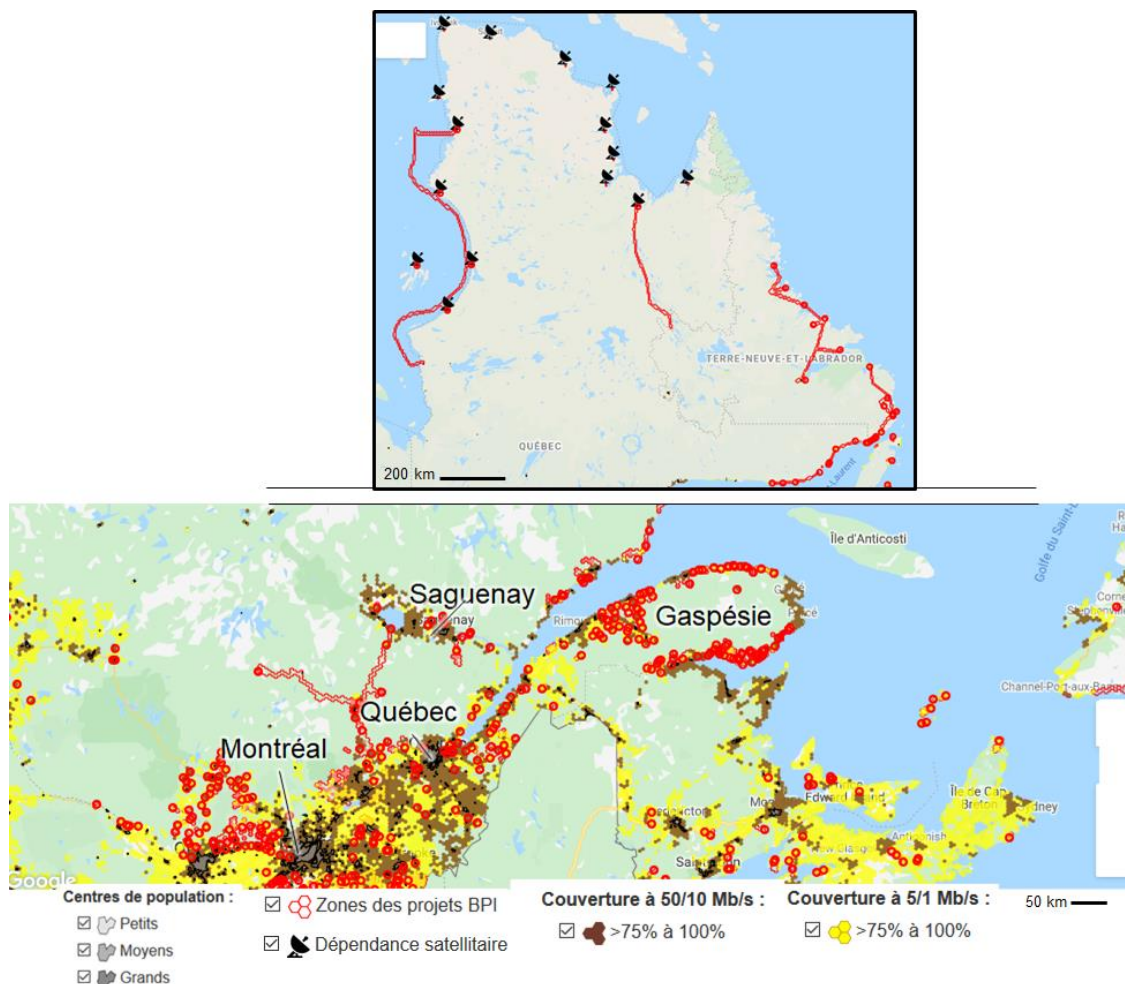


Figure 8 : (Bas) Raccordement internet de la partie sud du Québec (Nouveau-Brunswick et Nouvelle-Écosse aussi visible en bas à droite) [31]. BPI = Brancher Pour Innover, programme canadien de raccordement très haut débit (2021). Tous les points marrons sont des zones d'internet à très haut débit. (Haut) Raccordement internet du nord du Québec [31] (zoom moitié et même légende que la portion du bas). Note : la majorité des zones au nord sont du pergélisol, soit gelées toute l'année. ©2020 de [31].

Le nord du Québec est quant à lui bien différent : la majorité est gelée toute l'année (ou en pergélisol), et seules les côtes possèdent des foyers d'habitations. L'extrême nord n'est peuplé (sauf exception) que par des communautés autochtones ou des compagnies d'exploitation. On voit sur la carte (**Figure 8**) que l'accès à internet est très pauvre, mais que le Canada souhaite raccorder les côtes au haut débit (rouge). Les communautés isolées du nord sont raccordées par satellite [31].

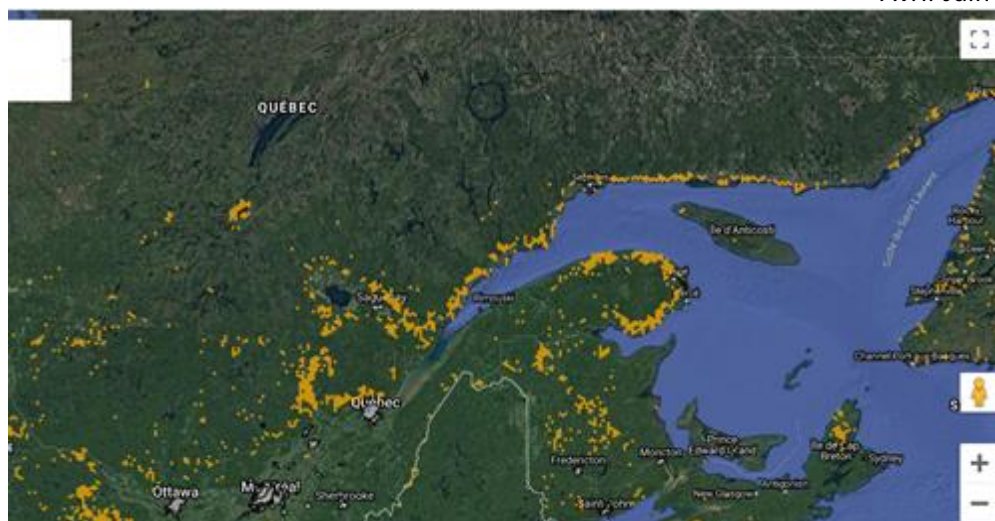


Figure 9 : Raccordement rural envisagé au Québec (2019). (Gris) zone urbaine dense. (Orange) zones rurales n'ayant aucun accès au haut débit (5Mbps ou plus) et admissibles à un raccordement. (Autre) Zones trop peu peuplées/espaces naturels. ©2019 de [30].

La **Figure 9** présente les zones rurales au Québec qui n'ont pas accès à un internet à 5Mbps ou plus, et qui sont donc admissibles à un raccordement BPI futur [30]. En regardant non plus par zones, mais par habitation, le rapport « Québec branché » [21] estime qu'environ 10% des foyers québécois (340 000) ont un accès nul ou très mauvais à internet, mais Statistiques Canada estimait toutefois en 2018 que 94% des Canadiens avaient accès à internet à la maison. Il faut aussi prendre en compte que les chiffres changent grandement si l'on compte en fraction de la population ou du territoire : par exemple 99% des Canadiens ont accès au réseau 4G LTE (voir **Figure 10a**), mais celui-ci ne déserte que les zones avec un minimum de population (**Figure 11**), et seulement 87% des routes principales par exemple [80]. On voit aussi que les zones rurales sont beaucoup moins desservies par le haut débit (38%, voir **Figure 10a**), et les réserves autochtones encore moins : seulement ¼ d'entre elles possèdent un internet comparable aux zones urbaines [80]. Ces chiffres sont meilleurs au Québec : 59% en région rurale et 45% chez les autochtones (les autres parts étant sensiblement les mêmes) [80].

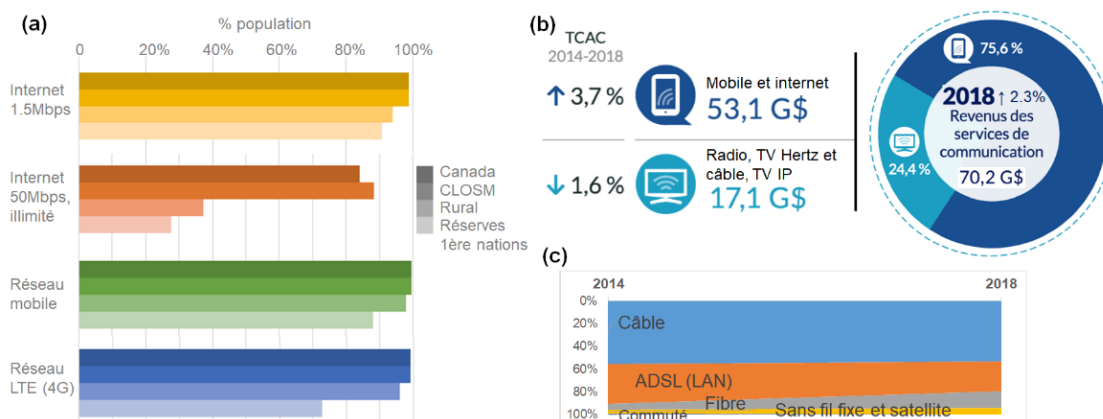


Figure 10 : (a) Fraction de la population desservie par des services réseau au Canada, par catégories. Données du CRTC, 2017 [80]. CLOSM : communautés de langue officielle en situation minoritaire. ©2020 Les Shifters Montréal. (b) Revenu du secteur de la communication au Canada en 2018, adapté de [80]. (c) Accès internet résidentiel par technologies, en % des ménages canadiens, chiffres de [80], 2018.

Au niveau revenus (**Figure 10b**), les services traditionnels (radio, TV, câble, etc., i.e. 25% du revenu des communications) sont en recul de 1.6% par an, progressivement remplacés par des services internet ou de contournement (croissance de 3.7% par an, 75% des 70 milliards de \$ au total) [80] : leurs abonnements ont décliné de 0.05% par an sur 10 ans, alors que le nombre de foyers canadiens croît d'environ 100 000 par

an [80]. Les nouvelles technologies de raccordement internet progressent aussi : la part de la fibre optique est passée de 5 à 15% des ménages canadiens de 2014 à 2018 (**Figure 10c**), remplaçant l'ADSL (35 à 26%), et le sans-fil fixe et satellite sont passés de 4 à 6% [80]. Le câble domine donc l'accès à internet résidentiel (> 50%), mais le marché d'affaires est quant à lui réparti en proportions égales entre câble, ADSL et fibre (~30% pour chaque) [80].

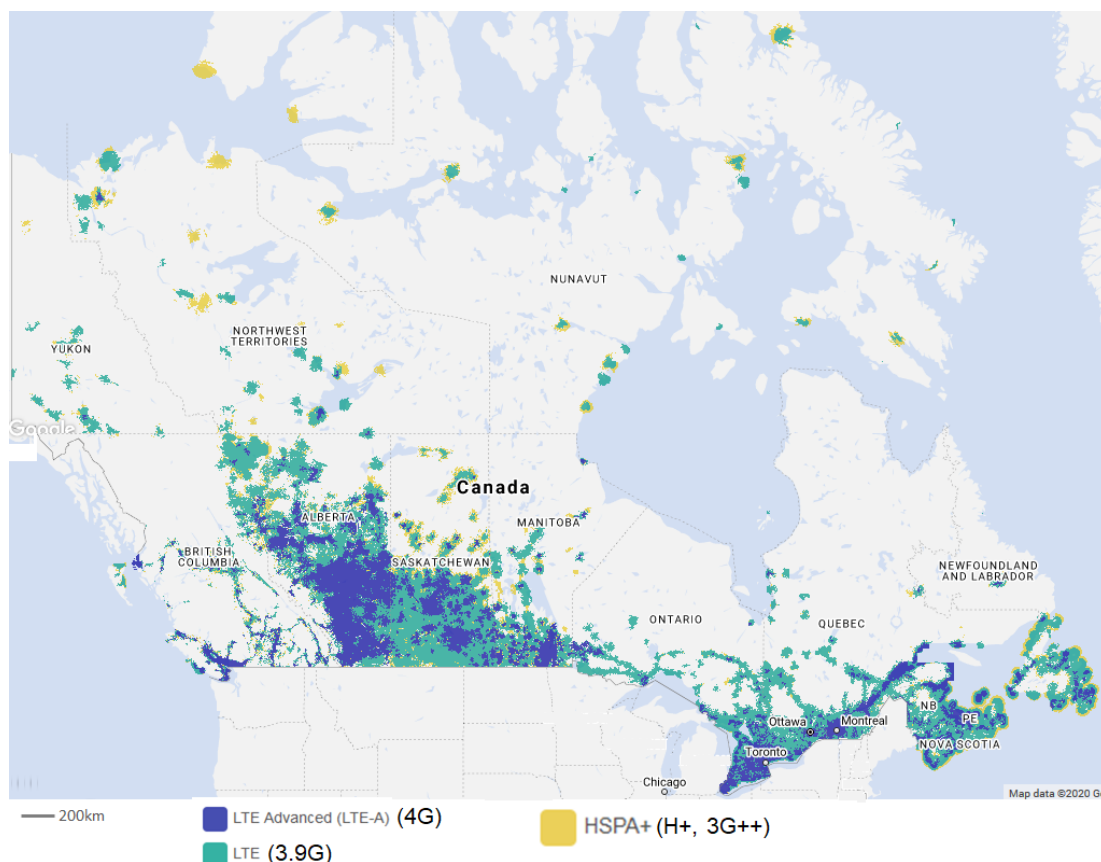


Figure 11 : Couverture du réseau mobile de données internet au Canada (Bell, représentatif de la totalité du réseau à ce niveau de détail), en 2018. Extrait de [99].

De nombreux points au Canada reçoivent internet directement de points d'échange situés aux États-Unis, à travers de grandes liaisons nord-sud [77]. Cependant, dans le but de garder une plus grande souveraineté sur son trafic et ses données, le gouvernement du Canada a mis en place sur les principaux centres urbains 11 entreprises responsables de points d'accès, répartis sur le territoire, comme on peut le voir en rouge sur la **Figure 12** : ils sont situés dans les provinces atlantiques (NB+NE+PEI+TN), à Montréal (Qc), Ottawa (ON), Toronto (ON), Winnipeg (MB), Saskatoon (SK), Edmonton et Calgary (AB), Vancouver (BC) et Iqaluit (NU).

Le Québec est à peu près similaire à l'Ontario ou la Colombie-Britannique en termes de raccordement (voir **Figure 12**, espaces urbains très bien couverts, zones rurales vides), alors que des provinces comme l'Alberta, la Saskatchewan (SK) ou le Manitoba (MB) possèdent de grandes zones rurales avec accès à internet haut débit (bleu clair) loin des centres urbains en bleu foncé. Ceci est rendu possible par le déploiement massif de l'internet mobile dans ces régions, donnant aux ménages la possibilité de se connecter par modem sans fil fixe [86]. Tous les foyers de population isolés (notamment au nord) sont raccordés par satellite, sur tout le territoire du Canada [32].

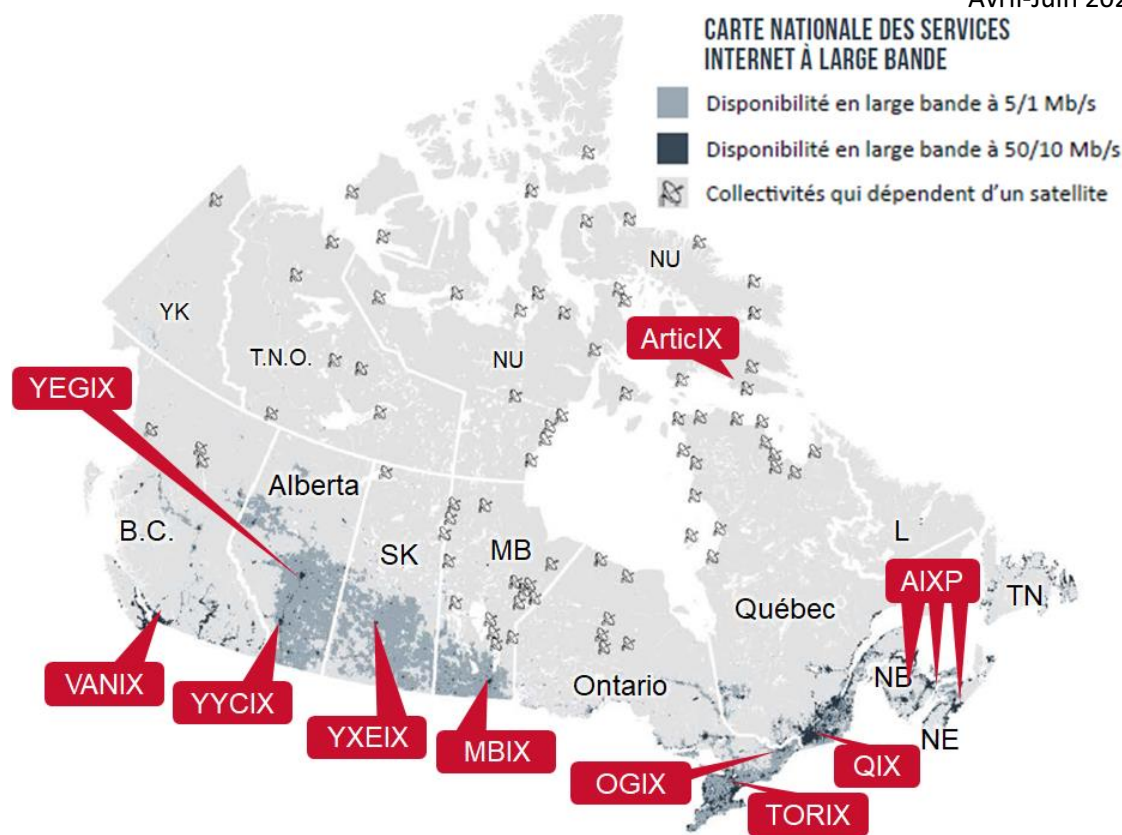


Figure 12: Adapté du rapport canadien “La haute vitesse pour tous” (2019) [32]. B.C. : Colombie-Britannique, SK : Saskatchewan, MB : Manitoba, NB : Nouveau-Brunswick, NE : Nouvelle-Écosse, TN : Terre-Neuve et L : Labrador. Les points d’échange internet au Canada (IXP) sont indiqués par les boîtes rouges : il y en a dans les capitales des provinces, de droite à gauche à Halifax (NE), Charlottetown (PEI), Moncton (NB), Saint John (NB), Montréal (Qc), Ottawa (ON), Toronto (ON), Winnipeg (MB), Saskatoon (SK), Edmonton et Calgary (AB), Vancouver (BC) et Iqualuit (NU), adapté du CIRA [77].

Cependant la **Figure 12** est trop dézoomée pour montrer les gros points de raccordement en fibre optique dans les capitales des Territoires du Nord-Ouest (T.N.O., [Yellowknife](#)) et du Yukon (Whitehorse), et les petits îlots où internet haut débit est disponible. Il ne reste que le Nunavut qui, toujours en 2020, dépend de services satellites coûteux et peu fiables pour Internet, le téléphone mobile, la télévision et les services bancaires par exemple [106]. La région du Nunavik au nord du Québec recevra [une portion de fibre optique](#) en 2020 pour connecter plusieurs points sur la côte de la baie d’Hudson, et la *Canada North Fibre Loop* est en [construction](#) (800+ km) pour relier plusieurs communautés des trois territoires du nord. Des entreprises comme *Arctic Fibre Inc.* ou *Quintillion* prévoyaient aussi de déployer des câbles sous-marins dans tout l’arctique nord-américain (notamment du [Labrador aux T.N.O.](#)), mais le Nord canadien reste globalement derrière l’Alaska (États-Unis) qui a déjà bénéficié de raccordements et de liaison par [câbles sous-marins](#) [106]. De même, l’entreprise Nuvitik prévoyait le déploiement du réseau « Ivaluk » pour relier par fibre optique l’est de l’[arctique canadien](#), mais le projet est toujours en cours d’éventuelle réalisation. Il n’est cependant pas exclu que ces projets et de nombreux autres voient le jour dans le Grand Nord, l’arctique devenant progressivement un point [attractif](#) au fur et à mesure des changements climatiques.

2.5 Pôles de T.I. hors métropole

Plusieurs agglomérations au Québec ont développé un réseau de Wi-Fi public (**Figure 13**), traduisant une certaine demande, un intérêt et/ou une implémentation relativement importante (ou en devenir) des TIC à ces endroits : il s’agit (hors Montréal) de Québec, Sherbrooke, Shawinigan (Mauricie) et Magog (Estrie)

[16]. Magog a particulièrement attiré notre attention, car c'est une petite ville comparée aux autres, mais ayant développé un véritable technopôle [79] : de 2014 à 2018, le nombre d'entreprises de TIC y a plus que doublé (55 en 2019), totalisant 27 M\$ en 2019 et en bon train pour atteindre 40 M\$ d'ici quelques années [79].



Figure 13: Ville ayant développé des réseaux Wi-Fi publics gratuits [16].

Il semble cependant y avoir une disparité entre la métropole (Montréal) et le reste du Québec : par exemple, 85% des compagnies au Québec pensent « posséder une bonne connaissance des solutions utilisant l'I.A. », 7 points de moins que le total canadien [18], alors que Montréal est un pôle international en I.A. (voir **section 4.2** sur l'I.A. à Montréal).

On peut toutefois noter un important pôle technologique dans la région de la Capitale Nationale (Québec), avec le CEFRIO, Optech, le COPL, le CRVI, le Consortium photonique de l'industrie canadienne et l'université Laval, entre autres [33]. Elle accueille aussi le festival de la [semaine numeriQc](#) (I.A., VR/AR, Web, Communication-marketing, villes intelligentes, e-commerce, e-tourisme). Cela représentait 15 000 emplois dans 400 entreprises en 2016 [53], soit environ 10 fois moins qu'à Montréal (voir **section 4.1**).



Figure 14 : Entreprises de TIC majeures dans la ville de Québec : (a) logiciels, services informatiques et mégadonnées, (b) jeux vidéos. Données de [58].

Dans d'autres villes « de région », on peut citer le centre MiQro au C2MI (Bromont), le CPA au Saguenay, et le Centre de développement et de recherche en imagerie numérique (CDRIN) à Matane [33]. Il faut cependant faire attention que certaines industries ne sont pas catégorisées TIC, mais peuvent tout aussi bien être des « relais » importants du numérique (voir section suivante), et en tout cas en être des consommateurs majeurs : voir **Figure 15**, les PME manufacturières pouvant devenir « usine intelligente » semblent être situées au ¾ en « régions », loin des régions métropolitaines de Québec et Montréal [37]. Le [rapport](#) de TECHNOCompétence spécifie cependant que, pour tout TIC confondus, l'agglomération de Montréal concentrait presque la moitié des entreprises de TIC en 2016 (**Figure 16**), en étant passé de 39% en 2013 à 45% en 2016 [48] : ce faisant, seulement 1/3 sont situées en régions.

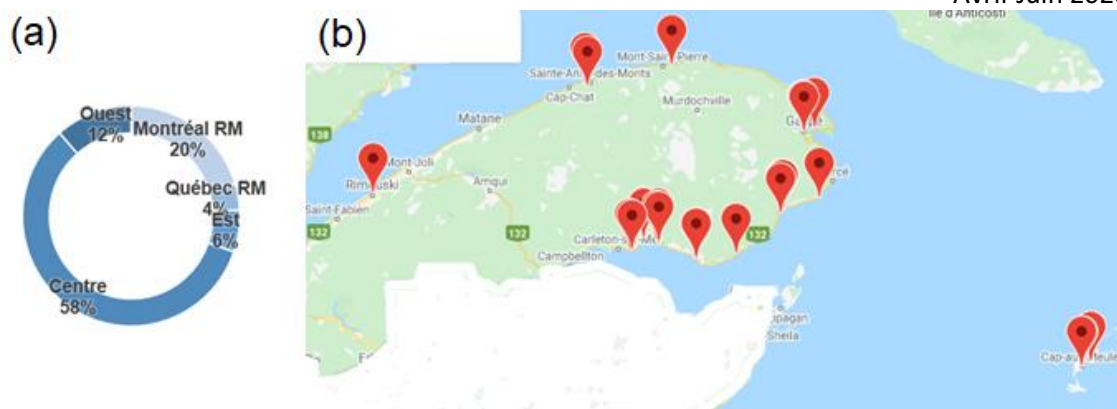


Figure 15: (a) Exemple de répartition géographique d'industries pouvant consommer du numérique : les PME manufacturières (% des entreprises de l'étude de [37], 2019). (b) Exemple de la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, a priori peu encline aux TIC, mais possédant des activités liées à ce domaine sur tout son territoire [107].

De nombreuses régions comme la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, bien que possédant une activité de TIC négligeable à l'échelle du Québec (**Figure 16**), ont néanmoins créé des technocentres (voir par exemple [107]) et comptent à l'avenir « faire du **secteur des TIC** un vecteur de l'économie » de leur région [107].

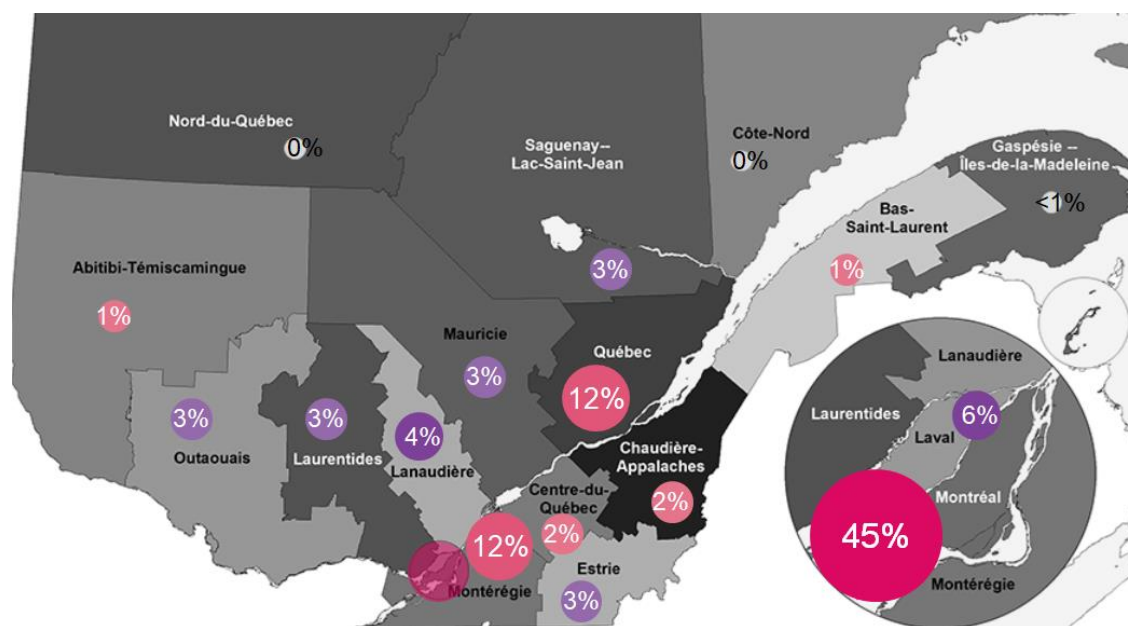


Figure 16: Répartition des entreprises dans le secteur des TIC au Québec selon les régions administratives (2016). ©2020 Les Shifters Montréal, chiffres de [48].

2.6 Les paiements – le e-commerce

Le e-commerce au Canada représentait 7% des ventes totales en 2019 (dont ¼ se faisaient depuis un mobile), et pourrait atteindre 10% des ventes passé 2023 [85]. De plus, les ventes en présentiel se faisaient 9 fois sur 10 par un moyen électronique (carte de paiement ou portefeuille virtuel) [85], dont 40% par téléphone intelligent pour présenter une carte de fidélité (commerces alimentaires [100]).

D'ailleurs 7% des Québécois avaient réalisé en 2019 au moins un achat en ligne de produits alimentaires (épicerie en ligne, boîte de prêt-à-cuisiner, ou paniers de fruits et légumes) [100]. La moitié des consommateurs québécois sont aussi intéressés par l'utilisation du numérique au magasin afin de bonifier leur expérience, pour la recherche d'informations sur les produits – comme la valeur nutritive et les certifications – ou pour la connaissance en temps réel de la valeur de leur panier [100]. L'utilisation du

numérique pour ce secteur reste donc pour le moment une pratique encore marginale, mais pourrait être amenée à croître fortement suite à la pandémie COVID-19. Toutefois, de nouvelles applications émergent pour par exemple obtenir une vue d'ensemble des rabais en magasin (et pourrait potentiellement limiter le gâchis alimentaire à l'avenir), ou encore l'achat en ligne de denrées spécialisées [100].

2.7 Perspectives du domaine de l'énergie au Québec, et au Canada

Le domaine de l'énergie au Québec utilise déjà et utilisera des TIC pour de nombreuses applications, en particulier pour le réseau électrique (Hydro-Québec) : adoption de grilles intelligentes (*smart-grids*), automatisation des infrastructures, capteurs *in situ* pour contrôle et maintenance à distance, internet des objets (IoT) pour accès à des données en temps réel, I.A. pour la gestion et l'optimisation, etc. [62]. Le département énergie et ressources naturelles canadien semblent par contre utiliser peu le numérique dans leurs usages (Figure 17), mais envisagent de l'intégrer fortement dans leurs pratiques dans les prochaines années [6].

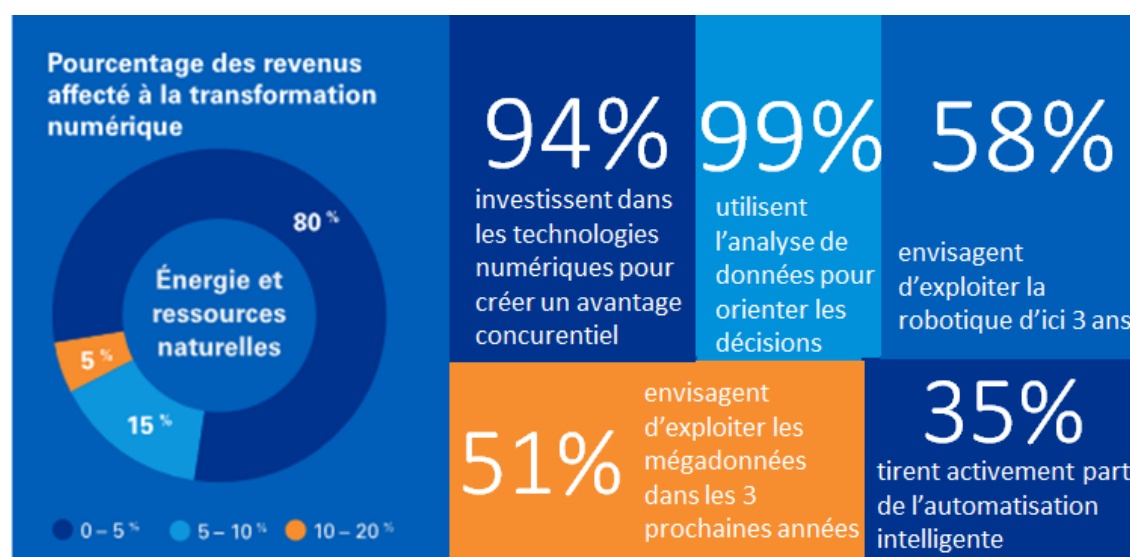


Figure 17 : Les TIC dans le domaine de l'énergie et ressources naturelles du Canada. Extrait de [6].

De plus, les réseaux électriques intelligents (*smart-grids*) sont des innovations qu'Hydro-Québec développe afin d'éviter les pertes d'énergie, mais les compteurs intelligents et autres technologies associées font face à de la résistance concernant l'aspect de la sécurité : en 2017, l'acceptabilité de ces technologies dans la province restait bloquée [103], malgré la création d'une chaire dédiée à Polytechnique Montréal (partenariat Hydro-Québec – CRSNG – Schneider Electric) par exemple. C'est moins le cas en Ontario par exemple, où des acteurs institutionnels ont permis de la rendre plus acceptable [103], mais d'autres provinces comme la Colombie-Britannique résistent de la même façon [103].

Avec son plan « Investir au Canada », 100 M\$ d'argent fédéral ont de plus été investi en 2018 dans les réseaux intelligents [104]. Le CANMET Canada rapporte tout de même que certains leviers des réseaux intelligents sont déjà implémentés sur le territoire (Figure 18) : par exemple, plus de 80% des compteurs électriques étaient intelligents en date de fin 2018 [105], et des applications comme les compteurs avancés (rouge) ou l'automatisation du réseau (violet) sont déjà bien implémentés au Québec. D'autres sont encore au stade de projets ou de déploiement : gestion de la demande (vert), stockage d'énergie décentralisé (bleu clair) ou encore micro-réseaux (*small grids*, turquoise).

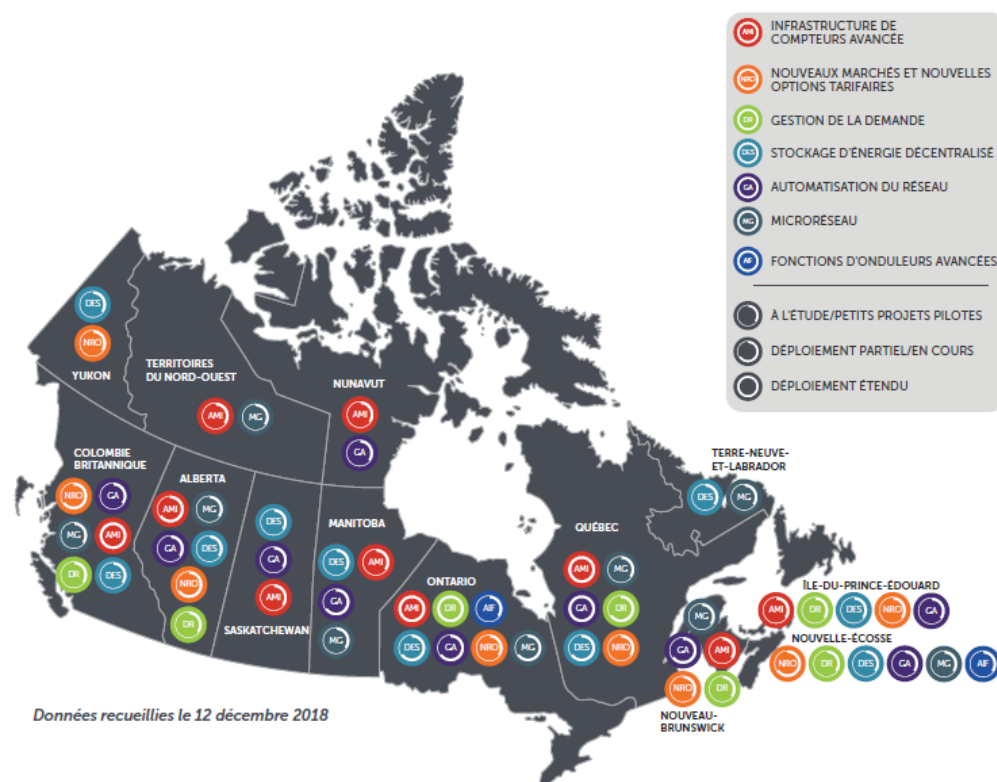


Figure 18 : Déploiement de certaines applications dans le domaine des réseaux intelligents sur le territoire canadien, selon que le projet est pilote (1/3 de cercle), partiel (2/3 de cercle) ou étendu (cercle entier). © Canmet Canada, extrait de [105].

La R&D dans ce domaine a bénéficié d'un financement continu depuis 2003, avec 261 M\$ du fédéral (30 M\$ seulement provenant des provinces), et 500M\$ des industries [105]. Ces financements ne se limitent cependant pas aux TIC dans les réseaux intelligents, mais touchent aussi aux domaines des énergies de source renouvelable et des véhicules électriques par exemple. Le rapport du CANMET [105] souligne enfin que chaque province s'est engagée à utiliser beaucoup plus d'électricité provenant du solaire et de l'éolien d'ici 2030, et que les réseaux intelligents serviront à pérenniser cet objectif en palliant à leur caractère intermittent.

Les réseaux intelligents pourraient même s'intégrer encore plus loin dans l'écosystème des TIC dans le futur, avec l'infonuagique qui contrôlerait non seulement les réseaux intelligents avec les convertisseurs d'électricité, mais aussi les différentes applications comme les villes intelligentes, l'agriculture, la e-santé, etc. Le cœur de cet écosystème est composé de communications, notamment de machine à machine (M2M), et par un apport d'énergie extérieur (Figure 19) [108].

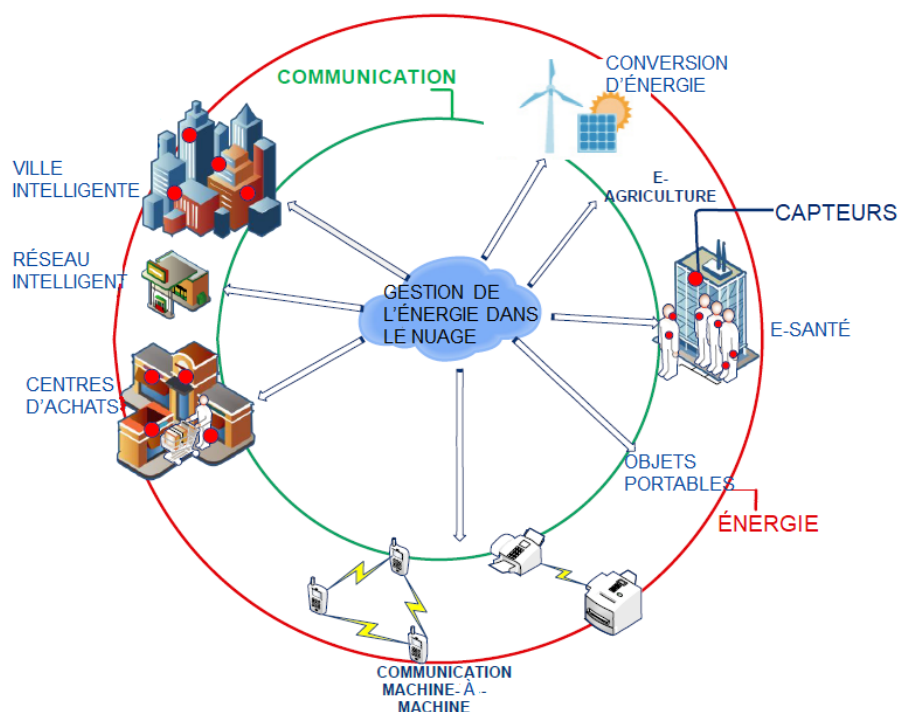


Figure 19 : Utilisation des TIC dans le domaine de l'énergie : gestion par infonuagique des réseaux intelligents, parallèlement à la ville intelligente, le M2M, l'Internet des Objets, la e-santé ou encore la e-agriculture. Adapté de [108].

2.8 L'agriculture intelligente (smart farming)

Certaines innovations des TIC peuvent déjà servir au domaine de l'agriculture canadien selon le [FMC](#) : réalisations de tâches informatiques sur le terrain, diagnostic simplifié de problèmes sur place par envoi instantané de photos géolocalisées ou encore suivi du marché ou de conseillers sur les médias sociaux [127].

Le Canada fait partie des [30 pays membres](#) de l'Alliance Mondiale pour l'Agriculture Intelligente face au Climat (GASCA) : cette organisation supporte les initiatives permettant de réduire les GES dans l'agriculture, mais aussi permettant une adaptation aux changements climatiques en identifiant notamment les endroits et les pratiques les plus à risque, et de gérer au mieux la productivité [128]. De plus, l'intelligence artificielle (I.A.) pourrait servir pour ces problématiques, tout en permettant des économies sur les coûts de production et une meilleure santé des animaux, selon le [Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec](#) (CRAAQ).

2.9 Les villes intelligentes et le e-tourisme

Les villes intelligentes au Québec sont définies plus par rapport à l'environnement : c'est une ville qui « cherche à augmenter son attractivité en réduisant son empreinte écologique et en offrant une meilleure qualité de vie à travers la fluidité de ses services et une gouvernance partagée » selon [121]. Bien sûr l'attractivité et la fluidité des services sont assurées par d'importantes infrastructures technologiques qui caractérisent les *smart cities*. Cette définition de l'UMQ souligne tout d'abord l'importance des communautés de personnes liées au numérique, donc de l'éducation aux TIC en amont [121]. L'aspect « vert » est assuré par une gestion technologique des énergies de source renouvelable intermittentes (voir **Figure 19** : éolien, solaire) et de la réduction des émissions carbone, ou la gestion des ressources en eau par exemple [121].

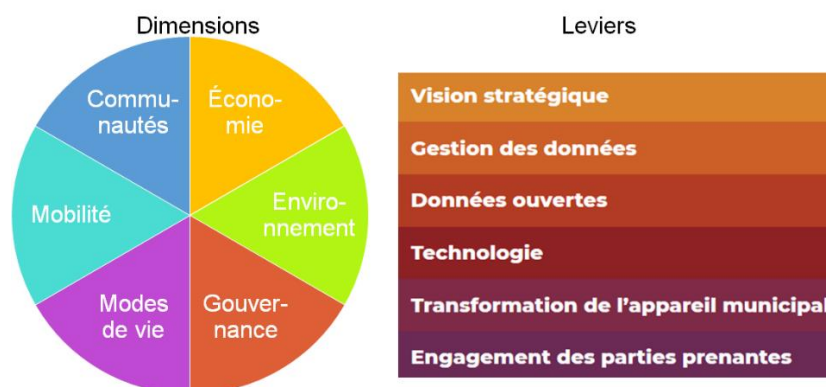


Figure 20 : La ville intelligente selon l'UMQ (2016) : les différentes composantes (gauche), ainsi que les différents moyens de mise en œuvre (droite). Extrait de [121].

Les arts et l'urbanisme sont aussi invoqués dans le volet « environnement », car ils permettent de créer une ville de plus haute qualité de vie [121]. Enfin, les outils numériques permettent d'envisager une mobilité bien pensée, une valorisation de la culture et du patrimoine local, et une gouvernance plus efficiente et transparente, selon l'UMQ (voir **Figure 20**, gauche) [121].

Inspirée d'articles de la littérature, l'UMQ identifie 6 leviers d'actions primordiaux pour une mise en place cohérente des villes intelligentes (**Figure 20**, droite): les technologies de l'information (TI) doivent ainsi être continuellement mises à jour pour soutenir la transformation, et permettre de réformer l'appareil municipal pour plus de flexibilité et d'efficience [121]. La transparence de la gouvernance est aussi mise en avant, notamment via une politique de données ouvertes : les mégadonnées vont en effet devenir la composante principale des *smart cities*, générant dans quelques années potentiellement plus de données par jour que le Canada n'en a généré à lui seul en 2012 (**Figure 21**). Tous ces points doivent enfin s'inscrire dans une vision stratégique pour générer des synergies entre les différents aspects [121].

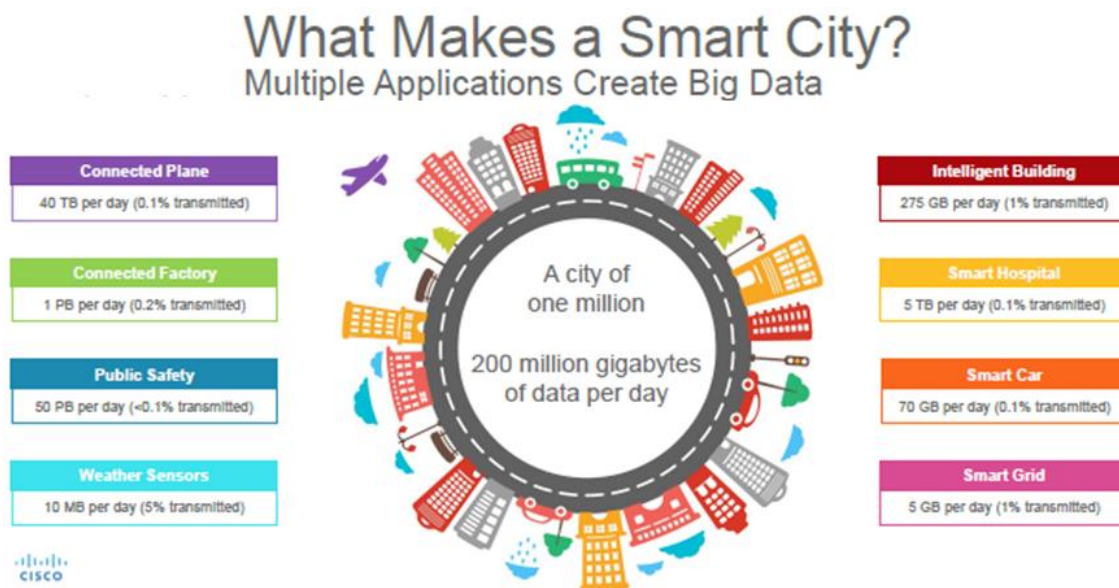


Figure 21 : Données générées par une ville intelligente selon Cisco : jusqu'à 0.2 exaoctet par jour, c'est-à-dire l'équivalent du trafic total du Canada en 2012. La majorité (25%) est due à la sécurité publique. © 2016 Cisco.

Localement, une étude OVH rapporte que 9 Québécois sur 10 (vivant à Montréal, Québec, Saguenay, Trois-Rivières, Sherbrooke ou Gatineau) souhaitent que leur ville prenne un virage « intelligent », majoritairement pour assurer le développement économique local : la priorité serait alors d'introduire des TIC dans les services municipaux (eau, transport, etc.) [122]. La métropole de Montréal (détaillée à la

section 4) est en tout cas déjà chef de file dans la mobilité propre, ayant [reçu en 2017](#) le *smart cities award* de la Fédération internationale de l'automobile (FIA) pour son développement des véhicules électriques [122]. Plus récemment, elle a reçu [50 M\\$ du gouvernement fédéral](#) pour développer une mobilité moins dépendante de la voiture, et un meilleur accès à la nourriture via des serres urbaines notamment.

Des villes de taille moyenne (comme Saguenay) ou de plus petite taille (comme Magog) [misent également sur le concept](#) de ville intelligente pour limiter l'exode de population et renforcer le lien social entre les habitants. Enfin, on peut citer la [ville de Québec](#) qui promeut notamment le e-tourisme à travers son programme « [Territoires connectés](#) » : le [tourisme innovant](#) est régulièrement mis en avant par divers organismes, preuve que les TIC sont devenues une composante majeure des expériences touristiques (guides connectés, réalité augmentée, documentaires, etc., voir [section 3.10](#) sur la VR/AR).

Le Canada semble enfin être le fer de lance de l'innovation en villes intelligentes, avec [124 G\\$ de financement en 2020](#) (selon IDC), chiffre qui pourrait passer à 150 G\$ dès 2022 [123]. De plus, les grandes villes ontariennes font partie du top 10 mondial des villes intelligentes, et Montréal, Ottawa et Vancouver sont dans le top 30 [123]. [D'autres initiatives](#) comme l'éclairage par LED (déjà déployé dans 75% des rues canadiennes [123]), l'électrification des transports, l'urbanisation bien pensée, le renforcement du lien des [communautés nordiques éloignées](#), la [résilience énergétique](#) ou la gestion intelligente des [ressources alimentaires](#) font également partie du concept canadien de ville intelligente.

2.10 Les TIC dans l'éducation

Les TIC étant plus que jamais liées aux activités professionnelles et économiques, il n'est pas étonnant de voir l'essor mondial de la formation à l'utilisation des TIC dans l'éducation. Un [rapport](#) du World Economic Forum de 2016 affirme que les investissements mondiaux dans les technologies éducatives ont été de 4.5 G\$ en 2015 (1.5 G\$ en 2011), et sont depuis en forte croissance : les investissements n'ont pas cessés d'augmenter depuis ([Figure 22](#)), avec les États-Unis et la Chine comme investisseurs dominants. Le Canada, pour sa part, a plus que triplé ses investissements dans les « *ed-tech* » entre 2018 et 2019, passant de [246 M\\$ à 882 M\\$](#). La compagnie Québécoise Coveo, spécialisée dans l'IA, a obtenu [227 M\\$](#) de la part d'Investissement Québec pour favoriser la compétitivité québécoise dans ce domaine.

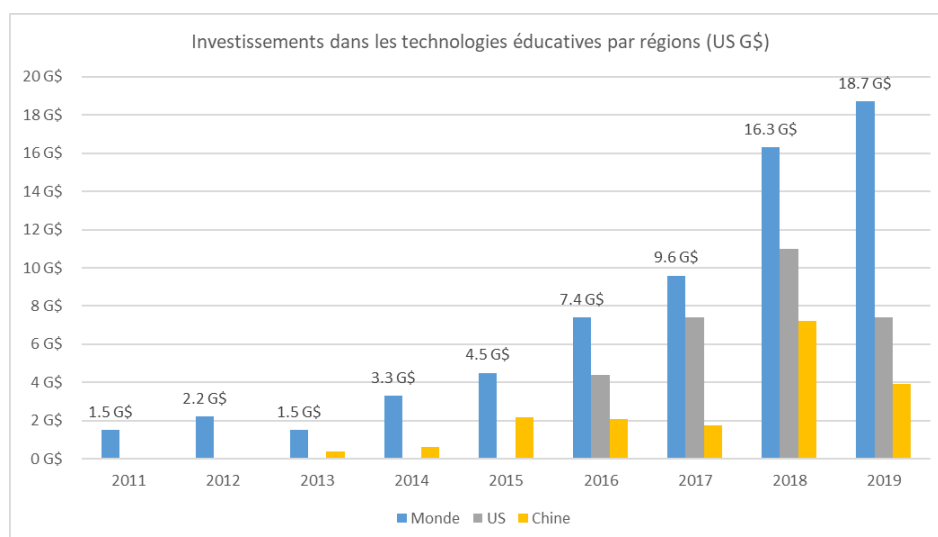


Figure 22 : Investissements dans les technologies éducatives dans le monde, les États-Unis et la Chine (US G\$), 2011-2019. Compilation d'études de [WEO](#), de [METAARI](#) et de [Brighteye Ventures](#). © 2020 Les Shifters Montréal.

À titre de comparaison, les dépenses globales de l'éducation dans le monde étaient de 5900 G\$ en 2018 et sont projetées à 7800 G\$ en 2025 (d'après [Holon IQ](#)). Ainsi la part de la digitalisation numérique pèserait d'environ 3% des coûts totaux, mais devrait continuer de fortement augmenter dans les prochaines années. Certains vont même jusqu'à dire que les technologies éducatives sont sur le point de [devenir le secteur numérisé le plus important et peut-être le plus rentable à ce jour](#), soit la prochaine « *fintech* » (voir [4.6](#)).

Le gouvernement québécois ne voulant pas rater le « virage du numérique », il a élaboré en 2018 le « [Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur](#) » en affirmant que « Le numérique doit dorénavant imprégner toutes nos actions de développement dans les domaines de l'économie, de la culture, de l'éducation, de la santé [...] et des services publics » : 1200 M\$ ont ainsi été débloqués sur 5 ans à compter de 2018. On peut noter l'importance du coût matériel : l'objectif 3.3 intitulé « Garantir un accès au numérique équitable et sécuritaire au sein des établissements d'enseignement » représente un peu plus de 60% du budget total, soit plus de 700 M\$. La répartition des investissements par ordre d'enseignement est présentée en **Table 1**, avec pour objectifs :

1. Soutenir le développement des compétences numériques des jeunes et des adultes (191M\$)
2. Exploiter le numérique comme vecteur de valeur ajoutée dans les pratiques d'enseignement et d'apprentissage (204M\$)
3. Créer un environnement propice au déploiement du numérique dans le système éducatif (790M\$)

Table 1 : Investissements par ordre d'enseignement dans le "Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur"

Ordre d'enseignement	Budget	Proportion
Primaire + secondaire	800 M\$	67%
<i>Réseau collégial</i>	<i>240 M\$</i>	<i>20%</i>
<i>Réseau universitaire</i>	<i>149 M\$</i>	<i>12%</i>
TOTAL	1200 M\$	100%

Des programmes comme CoCreaTIC [95], la semaine NumeriQc à l'école, [Tralalere](#), [Ludomag](#), [Geek Junior](#), [FusionJeunesse](#), [Upstarted](#), [StudioXP](#), [La Boîte à pitons](#), [Actua](#), [EspaceLab](#) (Québec), [HabiloMedias](#), [HandsOnMediaEducation](#), [CyberCap](#), [Communautique](#), [MontrealReleve](#) (conférences), [MonAvenirTI](#) (Québec), [MaCarrièreTechno](#), [Littéracie Médiatique Multimodale](#) ou le [CRTI](#), proposent de l'éducation au numérique à différents âges. L'approche « [INAP](#) » permet de sensibiliser les élèves à l'informatique au plus tôt, comme l'[école primaire de Alexander-Wolff de Shannon](#) qui propose un volet « TIC » aux élèves de 6^e années. D'autres initiatives sont plus sur un marché de niche, par exemple [OsmosAcademy](#) qui faisait découvrir en 2016 la VR à des enfants hospitalisés [97].

Des plateformes innovantes pour le codage comme [Trinket](#), [Proglab](#), [LightHouseLabs](#) (Canada), [KoduGameLab](#), [KidsCodeJeunesse](#) (Canada), [CodeClubCanada](#), [GrandirSansFrontieres](#) (Montréal), [CodeMTL](#), [Canada Learning Code](#) ont également vu le jour dans divers endroits. Enfin, l'école 42 a aussi sa branche dans la [ville de Québec](#), et l'université Concordia a lancé [DecodeMTL](#) à Montréal pour apprendre le code aux adultes [97].

Le numérique est aussi un vecteur pour l'éducation sur de nombreux sujets : des initiatives partout au Québec transforment les usages pour intégrer plus de numérique dans les méthodes d'apprentissage, en commençant par les [cours à distance au CÉGEP](#). Par exemple, [Profweb](#), [Prodigy](#), [NetMath](#) (mathématiques), [LearnEnjoy](#), [LaBoiteALivre](#), [L'école branchée](#), [JePassePartout](#) (Montréal), [EDTEQ](#), [Edutechno](#), [Science en jeu](#), les outils de l'[Association Québécoise des Utilisateurs d'Outils technologiques à des fins Pédagogiques et Sociales \(AQUOPS\)](#), etc. [97]. Le projet pilote « [Robot 360](#) » lancé par le gouvernement Québécois en 2018 et visant les enseignants volontaires, permet de faire un tour d'horizon des possibilités de la robotique pédagogique pour favoriser la pensée informatique à l'école, dans le but de guider les travaux du Ministère dans le cadre du Plan d'Action Numérique en éducation et en enseignement supérieur.

Les formations professionnelles ou du supérieur bénéficient en outre des CLOM (*MOOC* en anglais), comme la plateforme [EDUlib](#). Le ministère québécois veut développer les CLOM afin de répondre aux besoins de formations prioritaires à l'échelle provinciale, tout en palliant aux pénuries de main-d'œuvre en formation auquel fait parfois face le Québec (dans le cadre du [référentiel de compétences numériques](#) par exemple).

On voit donc que la révolution du numérique est déjà très bien inséminée dans l'éducation au Québec et au Canada : on utilise du numérique pour l'apprentissage des savoirs classiques, et en parallèle on

enseigne le numérique à travers ses fondements comme le codage et ses applications comme les métiers des TIC.

2.11 À l'avenir : le déploiement de la 5G et autres

Le gouvernement canadien prévoit déjà de raccorder tous les canadiens à 50Mbps d'internet (en téléchargement, 10Mbps en téléversement) d'ici 2030, avec 90 % de la population d'ici 2021 et 95% d'ici 2026 [32], et 1Gbps est même envisagé pour les plus gros pôles [32]. Cela concerne majoritairement le réseau filaire.

La technologie de réseau sans fil mobile « 5G » (déjà présents dans [certaines villes des États-Unis](#)) est portée par le projet ENCQOR (*Evolution of Networked services through a Corridor in Québec and Ontario for Research and innovation*). Cela s'inscrit dans la continuité du réseau déployé aux États-Unis (www.fcc.gov/5G). Ce projet suppose la ville intelligente, la télésanté, l'éducation en ligne, les véhicules connectés et automatisés, les services de divertissement et de médias à la demande, et l'Internet des objets (IoT) comme des indispensables pour appuyer la nécessité de développer la 5G [36] : on retrouve l'interdépendance présentée au début **Figure 2**.

3. L'industrie des TIC au Canada, et au Québec

3.1 Généralités

En 2018, les TIC au Québec représentaient 30 G\$ de revenus, 8 G\$ en exportations 17 G\$ de PIB (5 % du total Québec, même proportion au Canada [20, 117]), et offraient près de 133 000 emplois (3 % du marché de l'emploi) [13]. Voir **Figure 23a**, ces entreprises de TIC représentent une part non négligeable du total des compagnies au Québec, et la majorité est consacrée à la conception des systèmes informatiques (avec une part minoritaire pour le traitement des données et conception logiciels) [13].

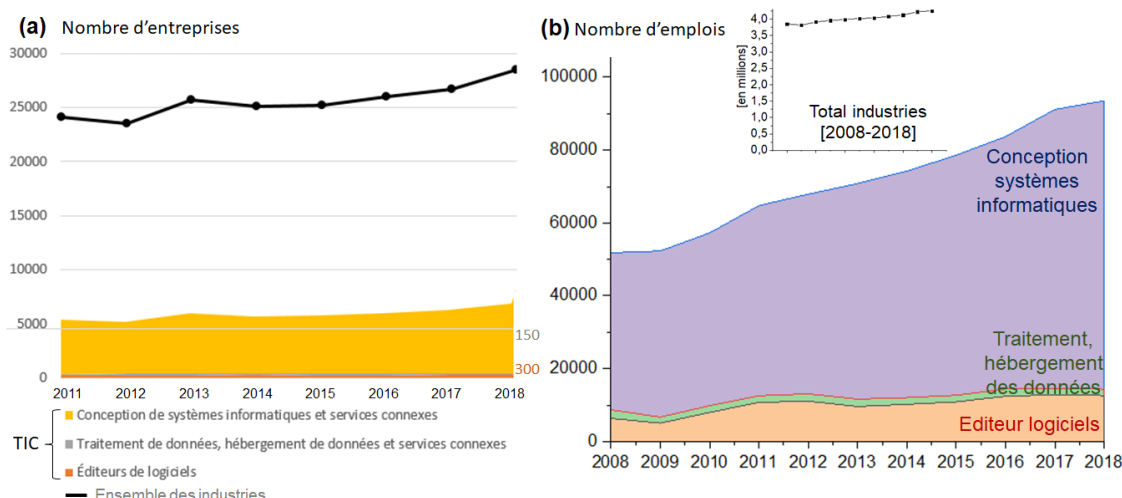


Figure 23: (a) Évolution du nombre d'industries au Québec 2011-2018 [données de [13]]. (b) Nombre d'emplois dans les TIC au Québec 2008-2018 [chiffres [13]]. ©2020 Les Shifters Montréal.

Le nombre d'emplois dans les TIC au Québec a aussi subi une croissance soutenue au cours des 10 dernières années (**Figure 23b**) : l'évolution sur cette période des emplois en édition logiciel (rouge) et gestion des données (vert) est comparable à celle de l'ensemble des industries, tandis que le nombre de postes en conception de systèmes informatiques a presque doublé. Il est aussi à noter que même si ces compagnies de TIC sont relativement nombreuses (**Figure 23a**), elles représentent une part minime d'emplois du total des industries (**Figure 23b**) [13].

En outre, même si 210 000 personnes sont qualifiées en TIC dans la province, seulement la moitié est employée dans une entreprise de TIC, et deux personnes de ce secteur requièrent en moyenne une autre

personne dans les secteurs non TIC pour fonctionner (voir **Figure 24(a)**). Cela conduit à 150 000 personnes dans les **TIC au Québec** [48], donc **3.8% des 4 millions de travailleurs au total**. Ces travailleurs sont à 2/3 dans l'édition de logiciels et les services informatiques (**Figure 24(b)**), et 80% des revenus ont lieu dans ce sous-secteur et celui des télécommunications (**Figure 24(c)**) [48], contre 88% au Canada (**Figure 25C**) [52]. Cependant c'est dans l'édition logicielle qu'on compte tout de même le plus de sociétés mères en dehors du territoire [52]. On remarque qu'à l'échelle du Canada la répartition des travailleurs des TIC diffère de la situation québécoise : les 1.2 million professionnels des TIC ne sont qu'à 40% dans des entreprises de TIC, et un emploi non-TIC seulement est nécessaire pour permettre 4 emplois spécialisés dans les TIC (**Figure 25A**), au nombre de 655 000 en tout (**3% des 19 millions d'emplois canadiens**) [72]. De plus, le secteur des TIC au Canada croît de 2% par an en termes de PIB [69], et de 4% par an en termes d'emplois [72].

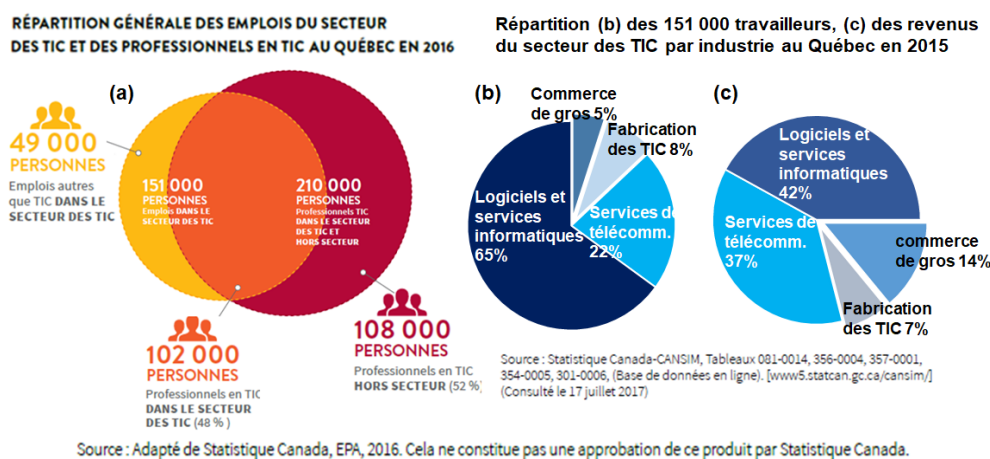


Figure 24 : Répartition des TIC au Québec en 2016. (a) extrait de [48], (b) et (c) chiffres de [48], 2015. ©2020 Les Shifters Montréal.

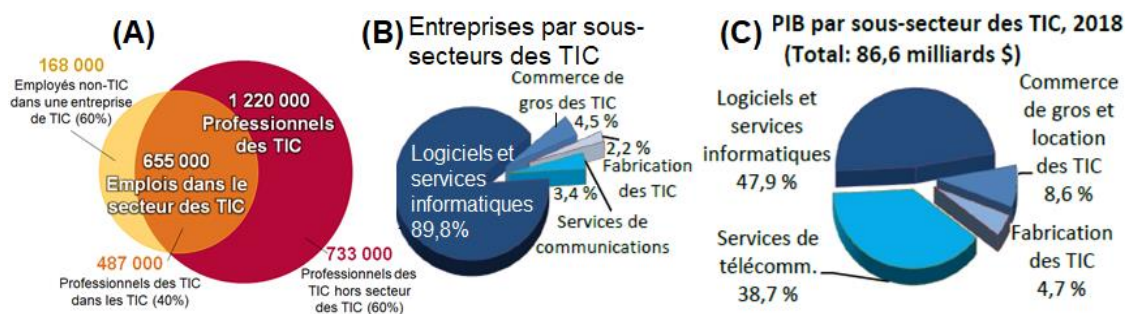


Figure 25 : Répartition des TIC au Canada (2018). (A) Répartition des employés et des entreprises des TIC (chiffres de 2017 [72]). ©2020 Les Shifters Montréal (B) Proportion en nombre d'entreprises. (C) Proportions en PIB. Extrait de [52], 2018 Statistiques Canada.

D'autre part, les TIC au Canada sont largement dominées par les logiciels et les services informatiques variés (**Figure 25**, 90% des entreprises (B) et 50% du PIB (C)), le reste des entreprises étant équitablement distribué sur les télécommunications et le commerce + fabrication des TIC, mais 40% du PIB est dû aux télécommunications et 9% au commerce des TIC [52]. Nous n'avons pas estimé combien de \$ il faut investir dans la fabrication des TIC pour produire 1 \$ de services de TIC, mais ce diagramme sur le PIB tend quand même à montrer que le Canada est un pays utilisateurs des TIC, et la fabrication ainsi que la vente de ces technologies sont essentiellement délocalisées à l'étranger (en Asie). Ce qui revient à dire que le Canada, comme pour la plupart des pays de services, exporte ses émissions liées aux TIC.

En outre, 2/3 des revenus des entreprises de TIC implémentées au Québec se font dans la province, l'essentiel du reste étant concentré au Canada et aux États-Unis (> 90% du total dans ces pays, voir **Figure 26(A)**, chiffres de 2018) [22]. Pendant la même année, les exportations canadiennes (comptées en nombre

de biens) se sont faites à 70% aux USA, le reste des continents étant distribués équitablement (**Figure 26(B)**).

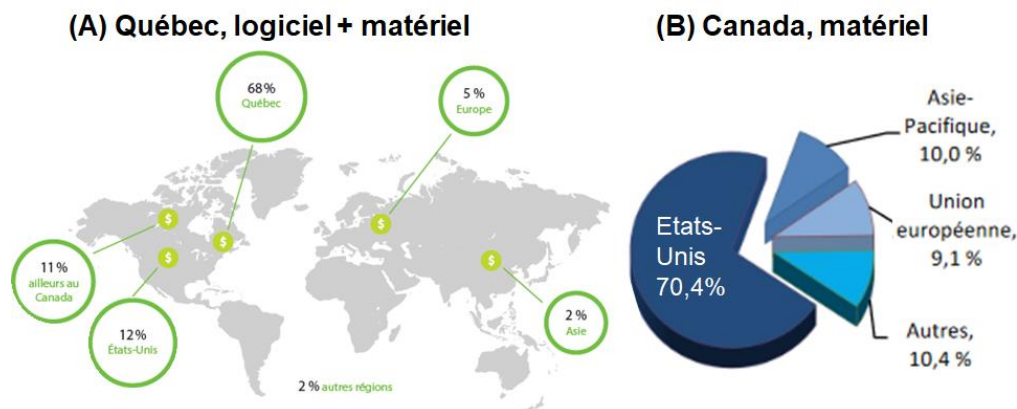


Figure 26 : Exportations des TIC. (A) Localisation des revenus à l'international des entreprises de TIC au Québec en 2018 (extrait de [22]). (B) Exportation de bien des TIC (matériel) canadiennes par régions en 2018 (extrait de [52]).

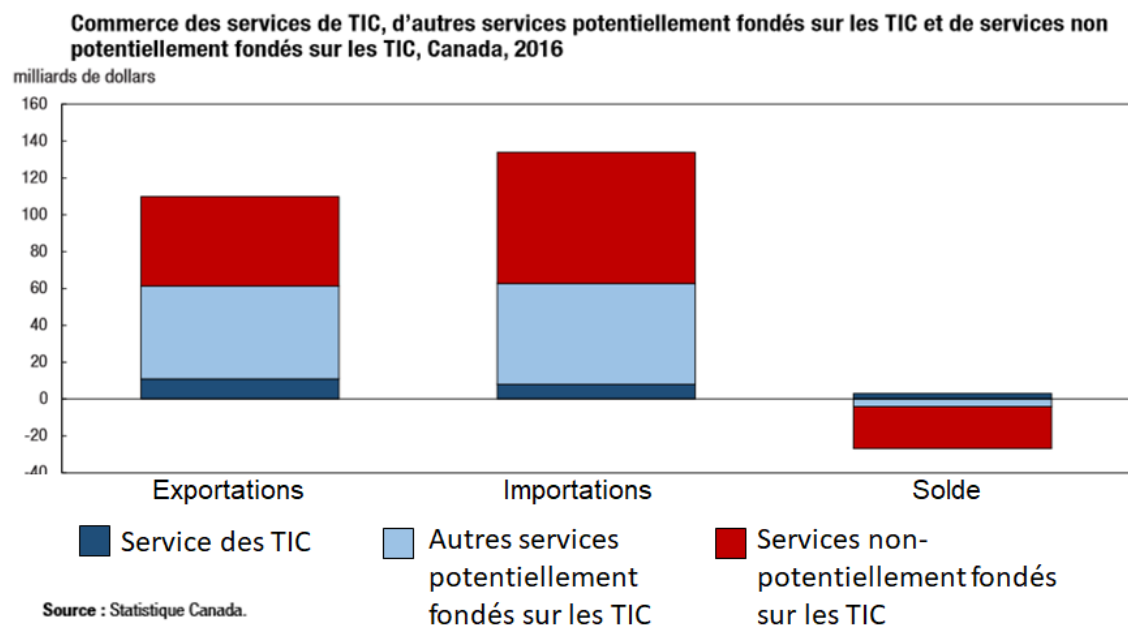


Figure 27 : Balance commerciale des services liés aux TIC (bleu) et des autres (rouge) au Canada (2016). Extrait de [54].

En revanche, il est intéressant de voir que même si le Canada est un importateur net de services (**Figure 27**), ceux qui sont liés aux TIC (bleu) sont majoritairement exportés : ceci tend à confirmer que le Canada est un acteur important dans les services de TIC au niveau mondial, mais aussi qu'une part absolument non négligeable de services liés de près ou de loin aux TIC sont tout de même importés (~60 milliards \$ en 2016) [54].

Au global, l'économie numérique est le 9^e secteur au niveau du PIB (chiffres de 2015) au Canada (voir **Figure 28a**) et a cru de façon continue de 2010 à 2017 (voir **Figure 28b**)[†] [66], même si les autres activités numériques des autres secteurs ne sont pas comptabilisées.

[†] les sous-secteurs et secteurs ne sont pas divisés comme la **Figure 25** ce qui conduit à des chiffres différents

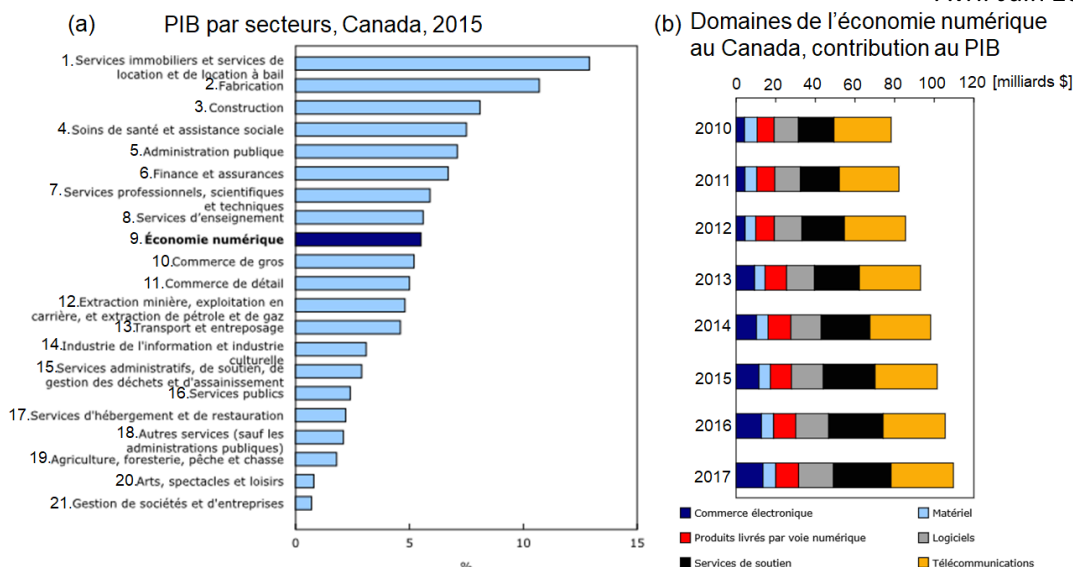


Figure 28 : (a) L'économie numérique était le 9^e secteur le plus important de l'économie canadienne en 2015*. (b) Contribution au PIB des sous-secteurs de l'économie numérique. ©Statistiques Canada, extrait de [66]. *le PIB nominal par industrie n'était pas disponible en 2018 pour les périodes de référence qui suivent 2015.

3.2 L'usine intelligente, ou « industrie 4.0 »

Certaines pratiques dans l'usine du futur (appelée « 4.0 ») pourraient être révolutionnées par les T.I.C., parmi les plus citées par les entreprises québécoises on trouve (en %) [19, 37] : (1) la robotisation (57%), (2) l'infonuagique (50%), (3) l'I.A. (45%), (4) l'internet des objets (40%) et (5) les mégadonnées (26%) [19]. Que ce soit dans la catégorie du marketing, du processus de production, de conception ou de l'approvisionnement, plus de la moitié des entreprises au Québec liées à des usines pensent intensifier fortement leurs usages du numérique dans un futur proche (**Figure 29**) [19].

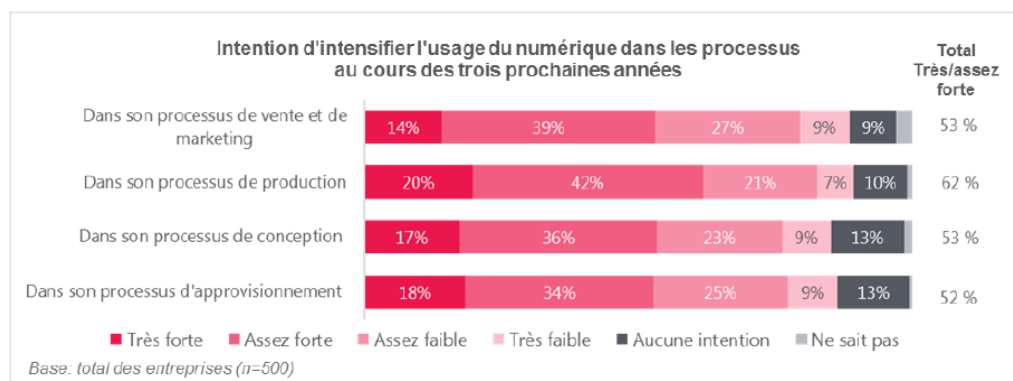


Figure 29 : Perspectives d'intensification du numérique dans le cadre de l'usine 4.0, au Québec (2017). Extrait de [19].

Il est à noter que les PME manufacturières utilisent le numérique (**Figure 30**, gauche) en premier lieu pour l'approvisionnement (80% d'entre elles), ensuite pour la gestion de l'entreprise (74%), puis pour la conception des produits (70%), avant la logistique (63%) et enfin la production (58%). Pour le secteur de la conception produits, le numérique est utilisé le plus par les PME de textile (75%), puis par le secteur des machines électriques (75%), celui de la papeterie et du bois (70%), des métaux (65%), de la chimie et des

minéraux (63%), et enfin de l'alimentation/tabac (62%), avec des mentions « peu étendu » majoritaires pour les deux derniers secteurs (**Figure 30**, droite) [37].

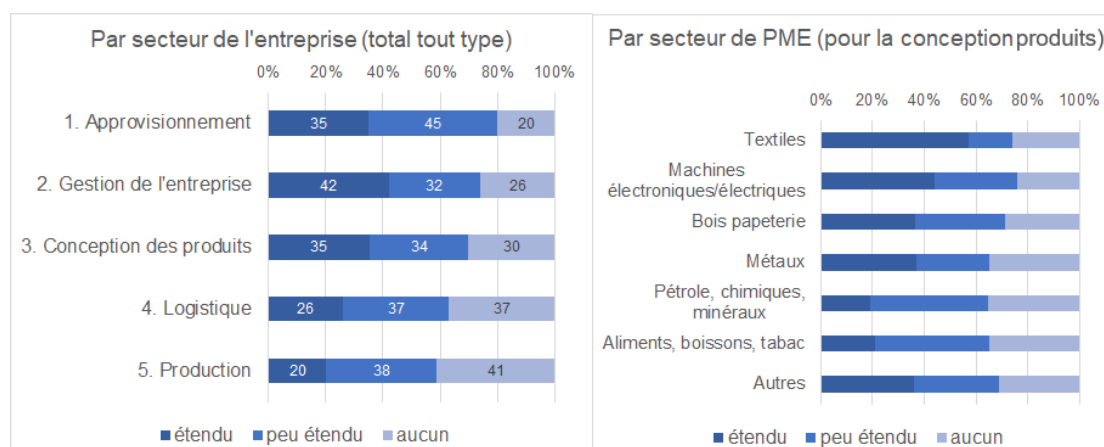


Figure 30 : Utilisation du numérique (chiffres sur 401 PME, extrait de [37]). (Gauche) Par secteurs au sein de l'entreprise (somme de toutes les PME). (Droite) Pour la conception produits, détail en fonction du domaine de la PME.

3.3 La robotique

Aucune des grandes entreprises de robotique mondiales n'est canadienne, mais le Canada contribue à l'écosystème de la robotique à travers des innovations en I.A. et en internet des objets par exemple [91]. Il faut toutefois noter le « *Canadarm* » (bras spatial canadien), qui a inspiré des applications dans l'industrie et le biomédical notamment, même si la société mère n'est pas resté sur le territoire [91]. La robotisation de l'industrie au Canada et au Québec est également supérieure à la moyenne mondiale et en progression (136 pour 10 000 employés), mais reste inférieure à l'Ontario seule, et à la majorité des autres pays de l'OCDE [92] (voir **Figure 31**).

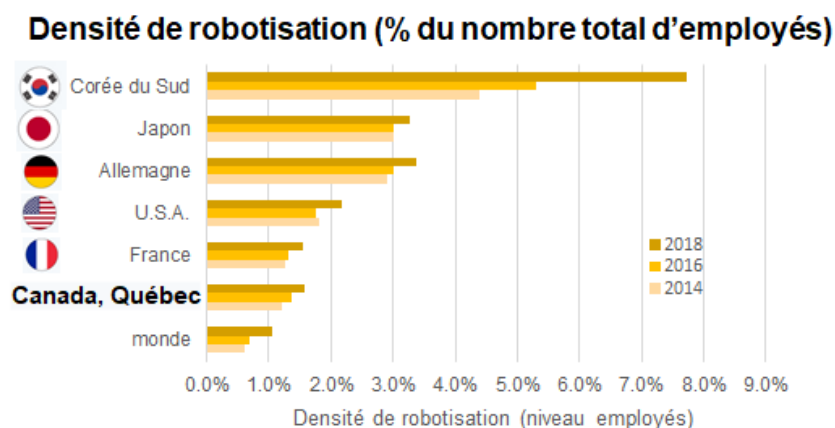


Figure 31 : Densité de robotisation dans plusieurs pays, 2014-2018. Compilation d'études de [92], du CD Howe et de Statista. ©2020 Les Shifters Montréal.

D'autre part, des robots comme des [drones d'inspection](#) sont de plus en plus utilisés par des grandes entreprises à infrastructures comme Hydro-Québec. On peut aussi citer quelques PME québécoises ayant reçu des fonds importants, comme Robotiq (Lévis) avec [31 M\\$](#). La robotique est enfin un sujet d'étude de recherche important au Canada [91], notamment à Montréal (entre autres à l'[ETS](#)), et des [festivals](#) réguliers témoignent d'un intérêt de la part des jeunes pour ce domaine, aussi grâce à des programmes d'éducation

(« [Vibotlerobot](#) », « [Robotique Zone01](#) », « [Robotics camp](#) », « [Robotics CRC](#) », « [Robotique First Québec](#) », etc.).

3.4 L'infonuagique, ou « cloud computing »

En plus de ce qui a été vu dans les sections précédentes (importance dans l'industrie 4.0 et dans les services du gouvernement), il faut noter que l'infonuagique a de grandes ambitions au Québec : implémentation dans l'éducation, révolution du fonctionnement des entreprises, etc. Au niveau mondial, les services aux infrastructures (*Platform as a Service* (PaaS), *Infrastructure as a Service* (IaaS), et infonuagique privée hébergée) se répartissent (début 2020) tel qu'indiqué sur la **Figure 32** [40].

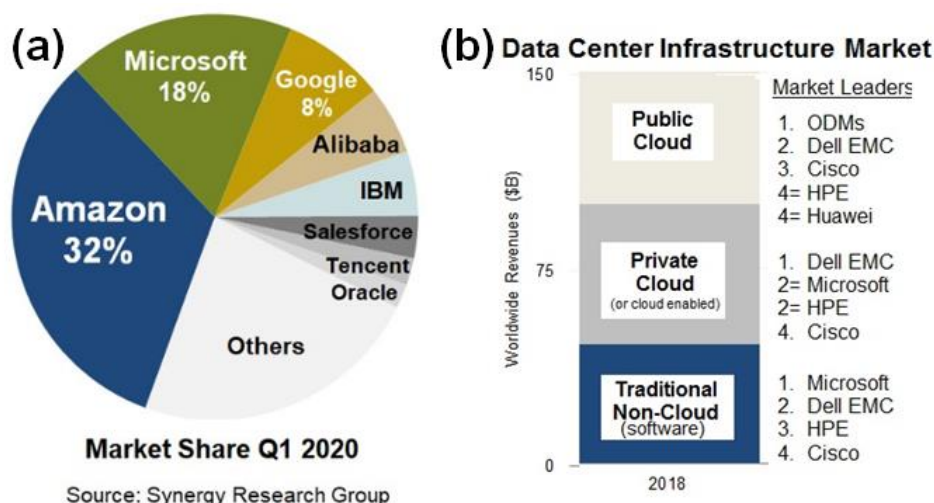


Figure 32 : Principaux acteurs dans (a) les services infonuagiques (IaaS & PaaS, total 80 G\$), et (b) le côté matériel (*hardware*) de l'infonuagique au niveau mondial, début 2020. Extrait de [40].

En retirant les géants chinois (Alibaba et Tencent), on a une idée en 1^{ère} approximation des entreprises de service d'infonuagique en Amérique du Nord, si on suppose qu'elles sont à peu près les mêmes dans tous les pays de l'OCDE. Au Canada ce secteur est porté par des acteurs locaux (Bell, Videotron, Telus, Projet Cirrus, DTI à l'université Laval, voir **Figure 33** droite) [39], qui peinent cependant à vraiment contrebalancer les géants du secteur : AWS (Amazon), Azure (Microsoft) et IBM (voir **Figure 33** gauche) [96]. Pour avoir une idée plus précise des acteurs québécois dans l'infonuagique, se reporter à la **section 4.3** sur les centres de données à Montréal.

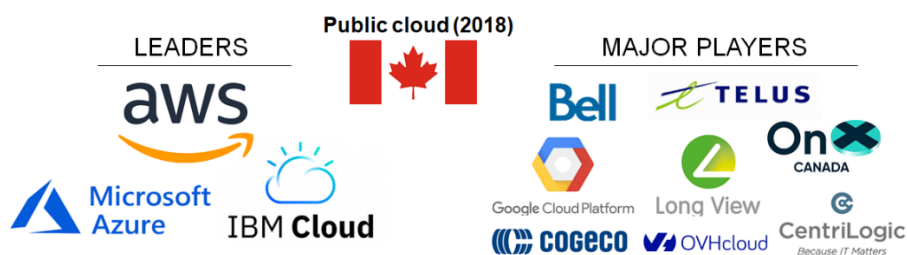


Figure 33 : Infonuagique publique au Canada : entreprises leaders (gauche) et « acteurs majeurs » (droite), selon IDC, cité dans [96]. Visuel ©2020 Les Shifters Montréal.

Au niveau mondial, les gros acteurs côté matériel (*hardware*) sont ODMs, Dell, Cisco, HPE ou encore Huawei selon que le nuage soit public ou privé [40], et c'est toujours Microsoft qui domine le marché du *non-cloud* (pas infonuagique, offre logicielle traditionnelle) [40]. IDC Canada prévoit qu'en 2024 la moitié des applications d'entreprise se feront dans un environnement *cloud* hybride / *multicloud* [78].

3.5 Les bâtiments intelligents (Smart Building)

Le secteur du bâtiment n'échappe pas à l'essor des technologies du numérique : les bâtiments intelligents (*smart building*) deviennent de plus en plus courants. Le BIM (*Building Information Modeling*) est une des méthodes de développement des bâtiments intelligents, qui consiste à collecter et analyser différentes données grâce à une maquette numérique. D'après [134], les trois objectifs principaux d'un bâtiment intelligent sont l'optimisation de la durée de vie du bâtiment, l'amélioration de l'efficacité énergétique et le gain des confort pour les occupants. Ces bâtiments sont à la fois adaptés aux maisons individuelles (*Smart Home*) et aux bâtiments collectifs (*Smart Building*), et leurs sous-systèmes sont nombreux et potentiellement sans limite [133] :

- raccordement au réseau
- production de chaleur
- éclairage
- intégration des énergies renouvelables intermittentes
- gestion des déchets
- gestion des eaux
- système de sécurité, etc.

Au Québec seulement 264 bâtiments étaient certifiés LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design for New Construction*) mi-2016 [135], un système d'évaluation de l'USGBC (*U.S. Green Building Council*), contre près de 84000 dans le monde [136]. D'après un rapport de la section québécoise du conseil du bâtiment durable du Canada, le BIM a le potentiel pour réduire les erreurs sur les chantiers dans la phase de construction (et donc réduire le gaspillage de matériaux à la source), mais « les outils de modélisation de bâtiment (BIM) ne sont encore utilisés que par quelques bureaux d'architectes, d'entrepreneurs et de concepteurs (souvent considérés comme des pionniers ou des "adopteurs précoces") » [137].

Les avantages et bénéfices du développement des bâtiments intelligents dépendent de nombreux facteurs (localisation du bâtiment, contenu carbone de la production électrique locale, climat local, etc.). L'organisme *building* pour les bâtiments Nord-Américains affirme 13 à 66% d'économie sur la consommation énergétique totale (en fonction des méthodes utilisées) [139], mais le rapport '*Smart Building: Energy efficiency application*' de la commission européenne indique plutôt 5 à 15% (pour la ventilation, le chauffage, et la climatisation), et jusqu'à 60% sur l'éclairage [138]. L'article de Lu *et al.* [140] synthétise en outre de nombreuses publications sur le sujet et présente les 12 logiciels BIM les plus utilisés : 10 proposent des analyses énergétiques et 7 ont une fonctionnalité permettant la comptabilisation des émissions de GES [140] (les économies réalisables ne sont pas précisément chiffrées cependant).

Les réductions des coûts économiques et énergétiques dans les phases de construction, d'usage et de déconstruction des bâtiments pourraient toutefois conduire à un effet rebond (multiplication des bâtiments, augmentation de la surface moyenne des logements, etc.), réduisant ou même annulant les avantages initiaux des bâtiments intelligents, mais cet aspect n'est pas mentionné dans les documents consultés.

Au Québec et dans le monde les bâtiments connectés sont encore minoritaires. Voici les principaux freins :

- La symbiose entre les habitants et les systèmes
- Les risques liés à la cybersécurité
- La formation et la confiance des acteurs de l'industrie du bâtiment
- Les surcoûts énergétiques et économiques liés à la production des capteurs, au traitement et au stockage des données
- La dépendance accrue au numérique et aux téléphones intelligents, dont la fabrication pose problème en termes d'émissions de GES et de disponibilité en métaux

- Les différents composants des outils permettant un bon fonctionnement d'un bâtiment connecté ont des durées de vies très variables (voir **Table 2**) : l'obsolescence de ces systèmes engendre un surcoût économique et environnemental, tout en ajoutant des difficultés d'utilisation.

Table 2 : Obsolescence (durée de vie) pour différents systèmes liés aux bâtiments connectés [133].

Bâtiment	Équipement de technique	Objet connecté	Système d'exploitation	Application
> 30-50 ans	> 15-20 ans	~ 8-10 ans	~ 4-6 ans	~ 2-4 ans

Pour conclure, la **Figure 34** illustre l'évolution des coûts pour un bâtiment intelligent rentabilisé (vert), un bâtiment intelligent non rentabilisé (rouge) et un bâtiment ordinaire (noir). Le bâtiment intelligent génère un surcoût lors de la fabrication, qui peut être compensé ou non pendant le reste de sa durée de vie [133]. Un graphique identique pourrait être présenté en remplaçant le coût par l'empreinte carbone ou la consommation énergétique.

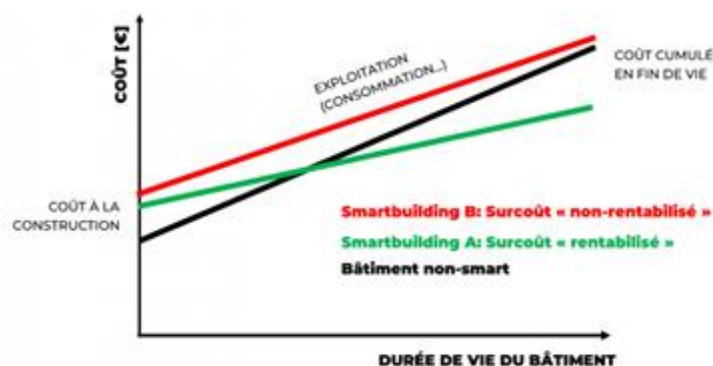


Figure 34 : Coût de la construction d'un bâtiment intelligent en fonction de sa durée de vie (tiré de [133]).

3.6 La mobilité connectée, les transports intelligents et les véhicules autonomes

Le ministère du Transport québécois prévoit de faire du Québec un « leader nord-américain de la mobilité durable et intégrée », et donne 5 tendances qui tendront à augmenter l'usage des TIC d'ici 2030 : l'accélération des développements technologiques côté infrastructures, véhicules et transports en commun, l'usage intensif des téléphones mobiles, les mégadonnées et la collaboration accrue entre les différents acteurs ou réseaux de transports [125]. Ceci complétera les 9 composantes des systèmes de transport intelligents (STI), identifiées en 2018 [125] :

Gestion du trafic	Information des utilisateurs	Gestion des urgences (véhicules dédiés, évacuations ...)
Gestion des transports en commun	Païement électronique	Gestion des travaux
Collecte de mégadonnées et optimisation	Systèmes de sécurité des véhicules	Contrôle des véhicules de transport de marchandises

D'ici 2023, le gouvernement du Québec souhaite initier la dynamique des STI en misant sur une diffusion fluide de l'information entre les différents acteurs du transport et la collecte de données pour améliorer l'expérience des clients, et s'assurera que les innovations du domaine sont bien durables [125].

Au niveau fédéral, STI Canada s'était fixée en 2015 de devenir le chef de file des STI au niveau mondial [126], et a participé à la tenue du Congrès mondial des STI à Montréal en 2017. Il a relevé plusieurs composantes prometteuses des STI directement applicables : un traçage GPS permettant de fluidifier la circulation, la vitesse adaptative, le péage électronique rapide, des données du trafic en temps réel et les

feux de circulation adaptatifs. Il avait identifié d'autre part d'autres innovations TIC susceptibles d'être motrices pour les STI : l'internet mobile, l'infonuagique, les mégadonnées, l'IoT (voir **section 3.7**), la robotique, ou encore les véhicules automatisés [126].

Le véhicule autonome est en effet intrinsèquement lié au transport intelligent : il consiste à augmenter l'interaction du véhicule (le plus souvent individuel, les voitures, mais pas seulement) avec son environnement. On parle ainsi de V2V pour la communication entre véhicules, V2P pour l'interaction avec les piétons, V2N avec le réseau internet et V2I avec les infrastructures routières (ex : feux de signalisation), voir **Figure 35**. Il semble cependant que le Québec ne possède pas pour l'instant les installations nécessaires pour réellement tester un véhicule autonome qui serait construit au Québec, ce qui force les constructeurs à [regarder du côté de l'étranger](#).

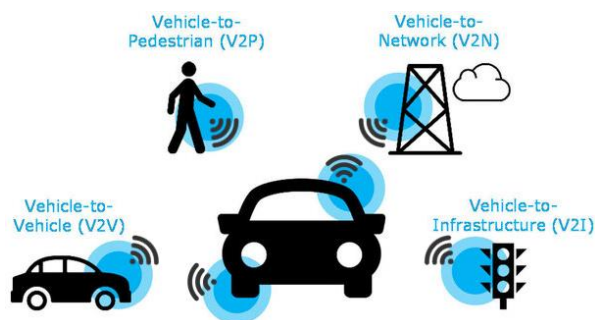


Figure 35 : Les différentes communications impliquées dans la mobilité connectée. Extrait de [Raposo et al.](#), 2018.

3.7 Le M2M et l'internet des objets (IdO ou IoT)

Les échanges machine à machine (M2M) représentaient déjà plus de la moitié des machines connectées au Canada en 2017, mais leurs échanges de faible taille et le fait qu'elles n'utilisent pas forcément internet (mais le proche-en-proche) font qu'elles représentaient seulement 3% du trafic internet total [81]. Ces chiffres sont cependant appelés à grandement augmenter dans les prochaines années [81], notamment avec l'avènement de l'internet des objets. Il faut noter que le protocole de communication utilisé pourra s'appuyer sur la 5G, mais utilisera plus probablement le [LPWA](#) (*Low Power Wide-Area*) [83].

Les entreprises québécoises opérant dans l'IoT sont Trilliant (Granby), Leddartech (Québec et Montréal), Distech Controls (Grand Montréal), Tactio Health (Montréal) et Mnubo (Montréal) par exemple [42]. Hexoskin et Hykso (Montréal) sont aussi citées par le gouvernement canadien [45]. Toutefois il semble que les principaux pôles canadiens soient situés en Ontario : Waterloo, puis Toronto, et à Vancouver (BC) [45]. D'un point de vue global, il semble que le Canada soit leader dans l'IdO (au niveau des entreprises implantées) [46], en tout cas au moins au niveau de l'IdO industriel (IIoO) [45]. Le gouvernement canadien estimait qu'en 2016, 1/3 des entreprises sur son territoire avaient implémenté de l'IdO dans leurs opérations [45].

3.8 Les TIC dans les arts, la créativité numérique

Pour ce domaine nous avons collecté les données du [rapport](#) de XN Québec : « Le secteur de la créativité numérique est organisé autour de la production — à des fins commerciales — de contenus et d'expériences ayant recours à de nouvelles technologies, et dont la portée a été amplifiée par l'arrivée de l'Internet » [93]. Pour les arts, nous avons considéré les secteurs de la « production de convergences », « production de vidéo corpo », « art numérique », « web documentaire », « livre interactif », « prod. ciné », « prod. télé » et « websérie ». Ces secteurs correspondent à 20% de toutes les entreprises listées dans [93], et dont le revenu total s'estime donc à 240 M\$. Transposé à l'échelle du Canada, cela représente un milliard de \$, en croissance de 10% par an [93]. Les entreprises considérées se répartissent dans les sous-secteurs cités comme indiqué sur la **Figure 36**. Elles sont 9 sur 10 à viser le marché québécois, et plus du tiers d'entre elles visent tous les continents sans exception [93].

Répartition des entreprises par secteur

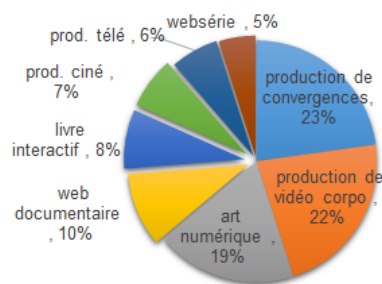


Figure 36 : Proportions du nombre d'entreprises de la créativité numérique dans chacun des sous-secteurs (seulement ceux considérés dans cette section), chiffres de [93]. ©2020 Les Shifters Montréal.

Le reste des entreprises n'a pas été considéré dans cette section car elles correspondent à des domaines abordés dans d'autres parties de ce rapport (ex : jeux-vidéos, VR/AR, etc.), même si leur lien avec la dimension artistique du numérique est clairement établi, comme on peut le voir sur la **Figure 37** ci-dessous. Les diverses applications de créativité numérique font en effet partie d'un véritable écosystème de pratiques digitales dans de nombreux domaines : par exemple, certains médias interactifs nécessitent des développements technologiques comme dans la réalité virtuelle (VR), mais, à l'inverse, l'industrie de la VR bénéficie de clients pour ses produits ce qui la fait prospérer, ou ce qui initie en premier lieu l'innovation en question.

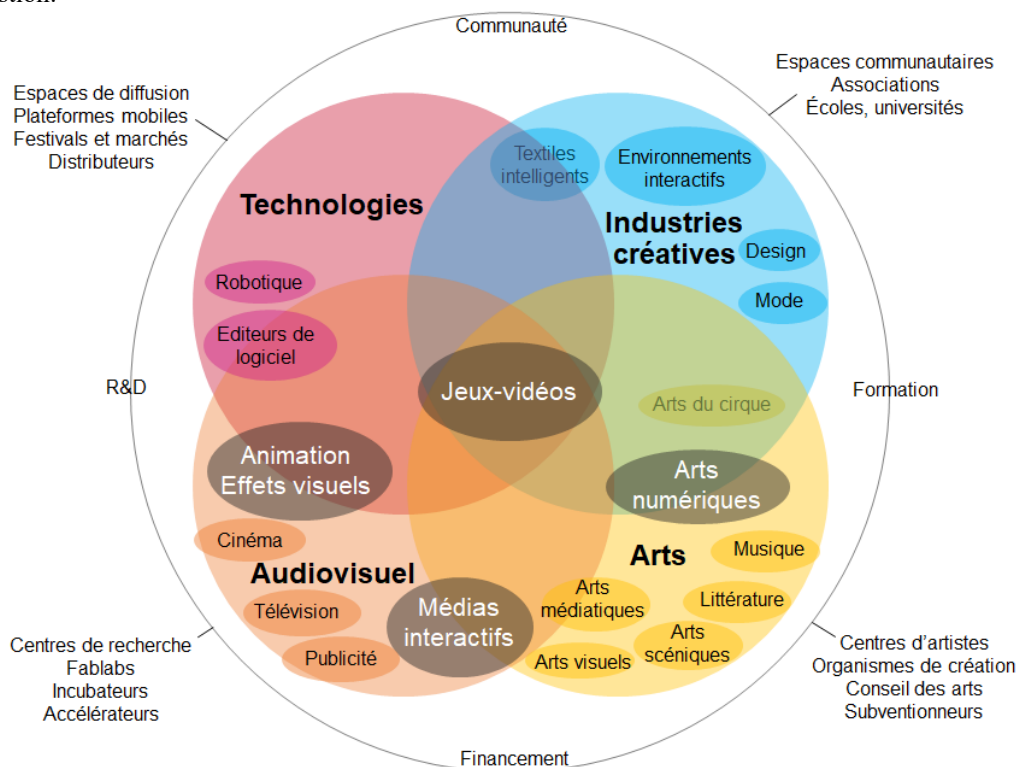


Figure 37 : Cartographie des domaines du secteur E&M et de nature artistique au sens large, susceptibles de faire appel au numérique, ainsi que leur moyen d'interaction et de développement. Adapté de [51]. © E. Quintas.

De nombreux centres partout au Québec promeuvent de plus l'application du numérique dans les arts, comme le [Sporobole](#) (Sherbrooke), la [Société des Arts Technologiques](#) (SAT, Montréal), [Technoculture](#), [Culture NumeriQC](#), le [forum des innovations culturelles](#) (Québec), le [réseau ADN](#), le [studio XX](#), le [MLab](#),

le [Square Banque Nationale](#), [GénieLab](#) ou [Chromatic](#) [97]. Pour une cartographie plus complète nous renvoyons vers la carte de [115] que nous avons reproduit **Figure 38**.

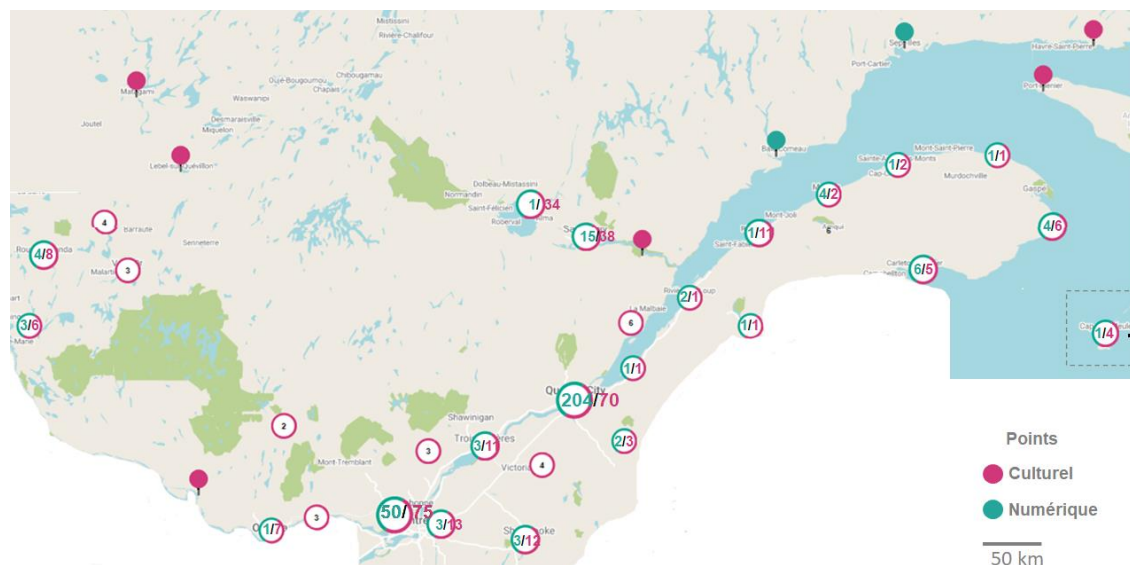


Figure 38 : Cartographie des acteurs clés du numérique et du milieu culturel au Québec (2019), par [Québec Numérique](#). Des points culturels à Pointe-Parent, Harrington Harbour, Blanc-Sablon, Radisson et Fermont n'apparaissent pas sur la carte (trop lointains), mais ne contiennent aucun point numérique. Les points de regroupement mixtes culturel+numérique sont représentés par des cercles moitié vert/rose, avec le ratio indiqué. Extrait de [115].

Le numérique a en outre permis la naissance de nouvelles branches des arts : les arts médiatiques, comprenant le cinéma indépendant et la vidéo d'art, l'électroacoustique, l'art électronique, l'art robotique, l'art par programmation, l'art interactif (par ordinateur ou web), l'art Web, l'art Game et d'autres encore [111]. Dans les [arts scéniques](#) par exemple, les TIC permettent d'entrevoir la possibilité de diffuser hors-salle les captations d'une pièce de théâtre, avec de la VR/AR ou même des hologrammes, d'optimiser les systèmes de billetterie, d'utiliser les données collectées lors des spectacles pour de l'intelligence d'affaires, ou encore d'insérer des contenus numériques lors de représentations classiques.

Même dans des domaines moins « technologiques » comme la littérature, le numérique pourrait jouer un rôle majeur : c'est dans ce sens que fut par exemple créée l'initiative [Rhizome](#), pour « exploiter les possibilités qu'offre l'environnement digital, outre le format papier » [113]. En musique également, en plus de la possibilité bien connue de musique électronique ou par [I.A.](#), les algorithmes de recommandation des plateformes en ligne sont une composante majeure de la diffusion de la musique locale [114] : cet usage technologique possède plusieurs [ancrages](#) au Québec.

Enfin, quasiment tous les artistes utilisent le numérique dans leur processus créatif, et considèrent qu'il s'agit d'un domaine indispensable pour le futur des arts, mais la moitié des interrogés regrettent la perte de temps occasionnée par cet usage [113].

3.9 Le numérique dans la publicité

Le numérique appliqué à la publicité est en croissance de 6 à 10% par an au Canada, et représentait tout de même la moitié des dépenses de ce secteur en 2018 [109] : quand on connaît l'ampleur du secteur de la publicité (13 milliards de \$ canadiens de dépenses en 2018), cela représente une bonne partie de l'argent investi dans les TIC sur le territoire !

Néanmoins, on observe une baisse du nombre d'employés de ce secteur depuis quelques années, notamment au Québec [110]. Trois raisons peuvent expliquer cela, selon un rapport de 2015 [110] :

- La croissance de la publicité numérique, qui est passée devant la télévision en 2014 en termes d'importance. Cependant, puisque seulement 12% des employés de la publicité œuvraient (en 2015) dans le numérique, les 88% restant ont vu leur activité diminuer suite à cet engouement.

- La compétition face aux GAFAM, de plus en plus inégale, et qui contourne souvent les agences de publicité traditionnelles
- Le rachat des agences québécoises (resp. canadiennes) par des groupes internationaux, qui préfèrent relocaliser près de leur maison mère, à Toronto (resp. à l'étranger). Ceci est aussi une conséquence de la croissance des TIC qui permet à des firmes de plus en plus grosses de fonctionner.

3.10 La réalité virtuelle (VR), réalité augmentée (AR) et réalité mixte (XR)

Le Canada liste la VR/AR comme une des 5 composantes majeures de son innovation numérique pour 2021 [72]. La Réalité Virtuelle (VR) est prévue d'atteindre 34 milliards de \$ dans le monde en 2023 (croissance annuelle de 34%), et la Réalité Augmentée (AR) atteindra 5.4 G\$ pour les entreprises en 2022 (croissance de 92%) [73], à comparer aux 500 G\$ (2018) pour les téléphones intelligents par exemple. En 2016, Goldman Sachs prévoyait cependant des chiffres plus élevés pour la VR/AR : 80 G\$ en 2025, voire 190 G\$ si son adoption est accélérée, mais seulement 20 G\$ si elle est ralentie [74].

Ils listent également diverses applications (en importance de PIB, reportée sur la **Figure 39**), et leur scénario suppose que le marché se décomposerait à 44% pour la partie logicielle et 56% pour la partie matérielle [74]. Il est à noter que pour l'instant le déploiement de l'AR est toutefois moins important que prévu : elle totalisait seulement 3.2 G\$ au niveau mondial en 2018 [73], contrairement aux prédictions de 2016 [72].

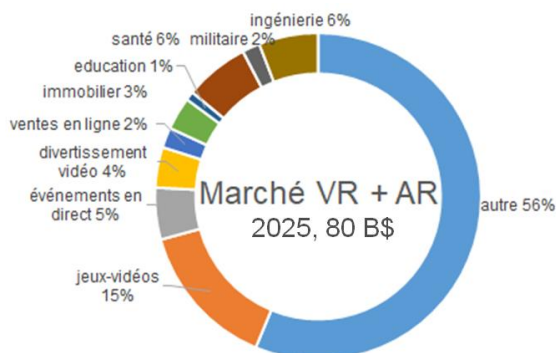


Figure 39 : Prévisions du marché de la VR et AR en revenus pour 2025. Chiffres de [74], 2016. ©2020 Les Shifters Montréal

À l'échelle du Canada, Parcs Canada a collaboré avec *Google Expeditions* pour proposer des visites virtuelles de certains de ses sites [73], comme le Parlement de l'Île-du-Prince-Édouard en travaux. Le rapport cite aussi *VR Vision Group* à Toronto (entraînement aux risques incendie), *Imagine360* (expériences immersives) à Montréal, le *CIMMI* à Québec, *Stambol* à Vancouver (visites immobilières), *Bluedrop Training and Simulation* pour le secteur militaire et *Simforhealth* pour la santé [73].

3.11 L'impression 3D

Au niveau mondial, le marché a quadruplé de 2013 à 2018, pour atteindre maintenant 14 G\$, en croissance de 20% par an [130]. La technologie sert déjà à fabriquer une dizaine d'objets différents, et pourrait avoir des applications dans tous les domaines à l'avenir, mais elle pose quand même des problèmes de test, de fiabilité, et de protection de l'utilisateur [130].

L'impression 3D fait partie des « 5 technologies transformatrices clés » citées par l'instance des TIC canadienne [72]. D'autre part, plus de la moitié des entreprises de « fabrication additive » au Québec étaient en 2016 dans le domaine des services, le reste étant réparti dans la R&D, les FabLab, l'aéronautique ou le design [87]. Moins de 2% des industries canadiennes employaient l'impression 3D pour le plastique en 2016, et moins de 1% pour les autres matériaux (métal, autre), mais ces chiffres pourraient plus que doubler dans les prochaines années [131]. Cette industrie est citée comme un des piliers du virage de l'industrie 4.0 [88], car elle réduit les coûts et permet une personnalisation très précise. Elle est aussi considérée comme une initiative soutenant le développement durable [88] et devrait donc logiquement

bénéficier d'un essor futur venant d'organismes environnementaux ou d'entreprises de TIC. Le secteur de la fabrication est en effet le premier au Canada en termes d'emplois (9%) et d'exportations (plus de 60%) [131] : les perspectives pour le 3D sont donc gigantesques.

3.12 Cyberdéfense et protection des données

Le gouvernement du Québec a annoncé en 2019 qu'il gardera 20 % des données considérées comme « sensibles », tandis que le reste (80 %) sera confié à des services privés d'infonuagique [24]. La localisation de centres de données sur le territoire québécois est aussi une opportunité pour garder un certain contrôle sur les données qui transitent via les entreprises comme les GAFAM, mais seulement si celle-ci sont transparentes avec la localisation géographique de leurs trafics internet. Enfin, à l'instar de nombreux pays, le Québec commence aussi à réfléchir à des lois et moyens pour assurer la protection contre les [attaques de pirates informatiques](#) notamment. Le Canada prévoit d'ailleurs de développer un système [d'identité numérique](#) pour tous ses citoyens, projet qui pourrait coûter plusieurs milliards de \$.

Concernant la cyberdéfense, le Canada a investi 0.5 G\$ de 2016 à 2021 contre les cyber-attaques, à comparer aux 3 G\$ de dommages causés par ces attaques sur le territoire (6000 G\$ US dans le monde) [129]. L'événement [SéQCure](#) réunit tous les ans à Québec les professionnels de la cybersécurité, et l'organisme [Crypto.Québec](#) est un média fondé en 2015 à Montréal qui vise à devenir la référence québécoise de l'aspect sécurité et vie privée du numérique. Il anime entre autres le [podcast](#) « Chien de garde ». Plus récemment, la pandémie de COVID19 a posé de nouveaux problèmes de cybersécurité avec l'augmentation de la proportion de télétravail, notamment dans le domaine de la [télésanté](#) : le gouvernement a dû débloquer des moyens importants pour [faire face aux menaces](#).

3.13 Les TIC dans les forces armées

Les forces armées canadiennes investissent dans la R&D en TIC dans de nombreux domaines : technologies pour l'armée de Terre, les forces aériennes, la Marine, le personnel, force interarmée, sûreté et sécurité, soutien aux opérations et aux décisions stratégiques [89]. Les [cyberopérateurs](#) sont également devenus essentiels à toute armée moderne, puisque de plus en plus de pratiques et de domaines à défendre sont numériques.

3.14 Conclusion

Les grands pôles urbains du Québec et du Canada sont pour le moment très avancés dans le développement des TIC, et ont en outre des perspectives importantes de croissance dans ces domaines. Dans les autres zones (rurales, territoires au Nord, zones de « ressource ») en revanche, la pénétration et l'usage du numérique est bien moindre voire nulle. Cependant, on a vu que des initiatives à tous les échelons veulent augmenter cette pénétration, tant au niveau géographique que sectoriel.

4. L'agglomération de Montréal

4.1 Les T.I.C. en général

Quelques chiffres pour commencer (2018) [3] :

- 100,000 employés sur 5000 entreprises [3, 23], avec 250,000 en plus sur des emplois associés, mais non "tech" [23]
- 12 milliards de \$ de PIB [3]
- Classée 5^e centre de TIC [3], ou selon [23] le 13^e pôle de "tech" en importance, en Amérique du Nord



Figure 40: Principales entreprises liées aux T.I. sur Montréal. Extrait de [3].

La **Figure 40** donne une vue d'ensemble des principales entreprises de T.I. à Montréal, selon [3] : on retrouve une majorité d'entreprises de jeux-vidéos et de divertissement. L'emplacement géographique de l'écosystème des entreprises du numérique à Montréal est surtout au centre-ville, comme le montre la **Figure 41**, avec des entreprises de technologie (grandes ou petites) et des investisseurs [98].

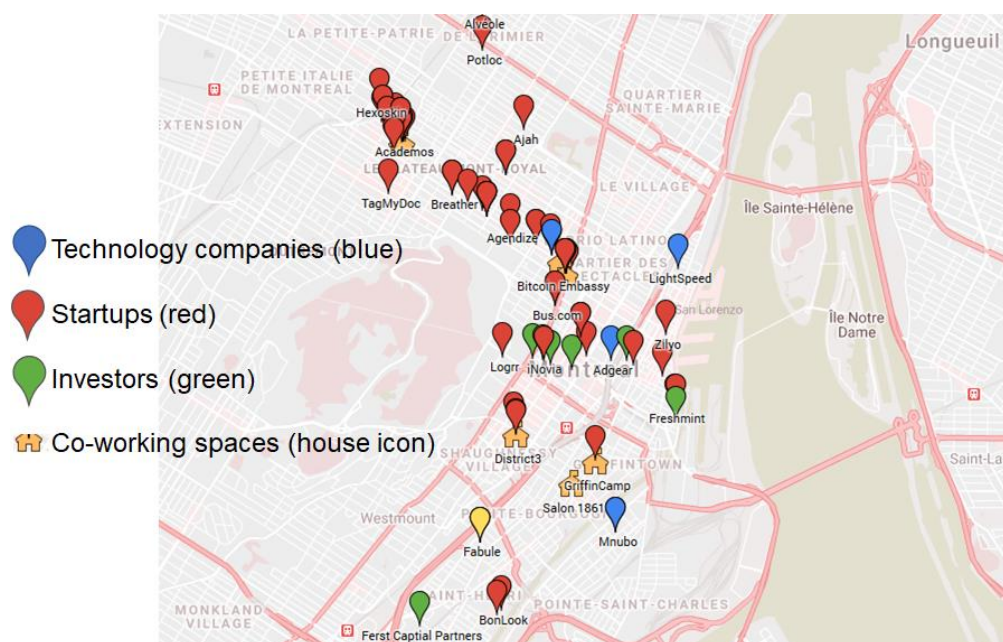


Figure 41 : Carte non-exhaustive de l'écosystème des entreprises du numérique à Montréal, © MontrealInTechnology [98].

Des centres comme le « Partenariat de recherche orientée en microélectronique, photonique et télécommunications ([Prompt](#)) » servent à connecter toutes les applications entre elles, en supportant les projets dans tous les domaines cités dans ce rapport et leurs débouchés divers (ex. : santé, sécurité, transport, etc.) [\[112\]](#).

4.2. L'IA

L'un des 3 projets de NovaSciences contribuant à la relève en sciences et technologies au Québec concernait spécifiquement le « soutien aux initiatives de formation en I.A. » (2019), tandis que les 2 autres restaient très généraux (soutien aux projets, et au 1^{er} emploi en Recherche) [\[41\]](#). L'I.A. semble donc être un des secteurs privilégiés des technologies au Québec. En 2019 *Montreal International* recensait dans l'agglomération :

- 2 milliards de \$ investis dans l'IA depuis 2016 (voir les entreprises **Figure 42**) [\[3\]](#)
- 1 milliard de \$ dans la recherche sur l'IA [\[3\]](#)
- Le « MILA », la plus importante concentration au monde de chercheurs en I.A., avec 11 000 étudiants inscrits à des formations [\[3\]](#)
- 15000 experts répertoriés [\[3\]](#) (profils LinkedIn avec compétences en IA)

Et surtout, Montréal est classée en 2019 la première concentration de chercheurs en apprentissage profond (*deep learning*) au monde, d'après [\[10\]](#). Le Canada a choisi Montréal comme siège de ScaleAI, supergrappe de développement de l'IA sur le territoire [\[3\]](#), elle accueille IA Québec, et a été choisie en 2019 comme le centre d'expertise mondial en I.A. [\[3\]](#).

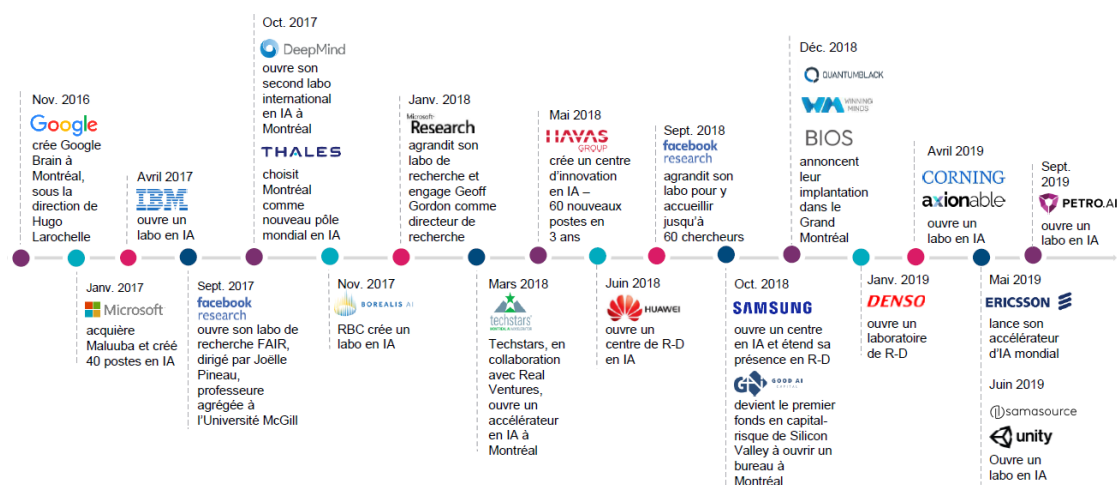


Figure 42: Implémentation des entreprises d'IA à Montréal, 2016-2019. Extrait de [\[3\]](#).

Ce pôle d'excellence attire l'intérêt à l'international : la conférence la plus reconnue en I.A. de l'association AAAI a eu lieu une fois à Québec (28^e, 2014) [\[7\]](#), et la conférence de World Summit AI (*The World Leading AI Summit*) aura lieu à Montréal en Avril 2021 [\[8\]](#). Il est à noter que la proximité du Québec avec des villes comme New York joue en sa défaveur, ces conférences ayant souvent lieu aux États-Unis voire proche de la Silicon Valley.

4.3. Les centres de données

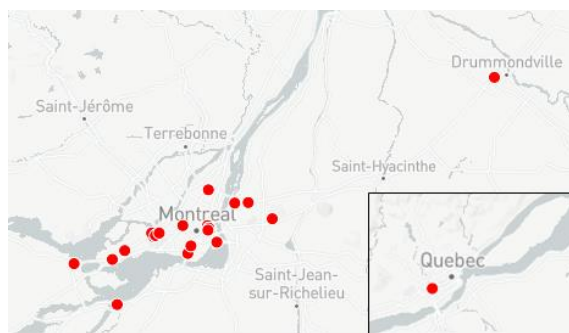


Figure 43 : Répartition des principaux centres de données au Québec. Insert : région de la Capitale Nationale.
La très grande majorité des centres sont dans l'agglomération de Montréal. Extrait de [38].

Quasiment tous les centres de données se situent dans l'agglomération de Montréal, avec une bonne partie directement sur l'île (**Figure 43**) [38]. Les avantages à implémenter des centres de données à Montréal sont représentés **Figure 44** : l'électricité venant à 99% de l'hydro, le climat froid, la possibilité de raccordement avec d'autres villes de l'est des États-Unis dont New-York, les lois favorables tant sur la protection des données que sur les charges à payer, et la concentration de talents et d'autres entreprises de TIC font de Montréal l'un des endroits les plus prisés au monde pour y installer des centres de données. Pour ces raisons, Montréal a d'ailleurs été désignée mi-2019 comme **meilleur endroit au monde** pour cette industrie [62].

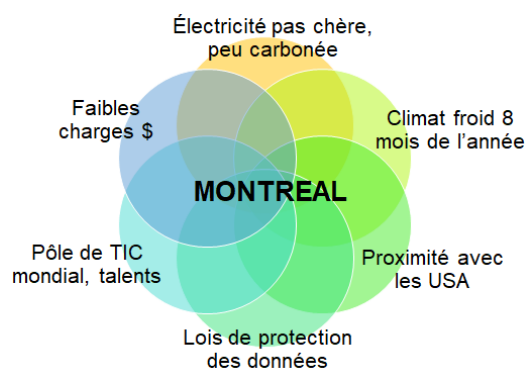


Figure 44 : Attrait de Montréal pour les centres de données [14, 63]. ©2020 Les Shifters Montréal.

La **Figure 45** liste les principaux acteurs de centre de données à Montréal, ainsi que leur implémentation temporelle : de nombreux centres de données ont ouvert dans la métropole depuis 2013.



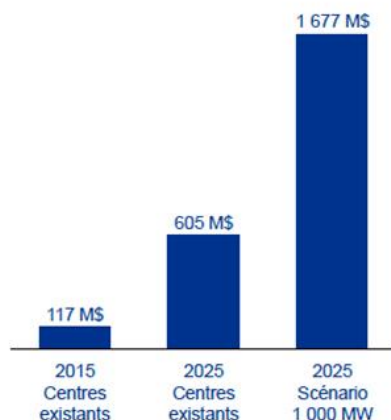
Figure 45 : Les centres de données à Montréal. (Haut) Évolution de l'implémentation, données de [59]. (Bas) Autres entreprises historiquement présentes, données de [63]. ©2020 Les Shifters Montréal

En 2016, environ 40MW de puissance était nécessaire (via Hydro-Québec) pour les centres de données, mais ce chiffre est très largement dépassé en 2020, et jusqu'à 350MW sont envisagés à terme [14]. Certains scénarios prévoient même 1000MW en 2025 [14], ce qui amènerait la valeur ajoutée de cette activité au-delà de 1.5 milliards de \$ (Figure 46(a)). En conséquence, [Hydro-Québec a mis sur pied un programme dédié](#) pour accompagner l'installation des centres de données sur le territoire québécois, et pour cause : ce marché n'implique que des gros consommateurs d'énergie, garantissant à la société d'État des revenus stables et importants. Avec la possibilité d'utiliser une électricité très peu carbonée par rapport à d'autres terres d'accueil des « fermes de serveurs » (22 g éq.CO2/kWh contre 1192 en Chine et 1538 en Inde), le choix d'implanter un centre au Québec s'avère donc être une opération gagnant-gagnant. Ces politiques incitatives se comprennent facilement en considérant la consommation électrique moyenne d'un centre de données au Canada. La consommation globale canadienne annuelle s'élevant à 5 500 GWh (1% de l'électricité totale) pour 260 centres de données, nous pouvons en déduire une moyenne annuelle de 21 GWh par unité, même si ce chiffre varie grandement en fonction de la taille du centre.

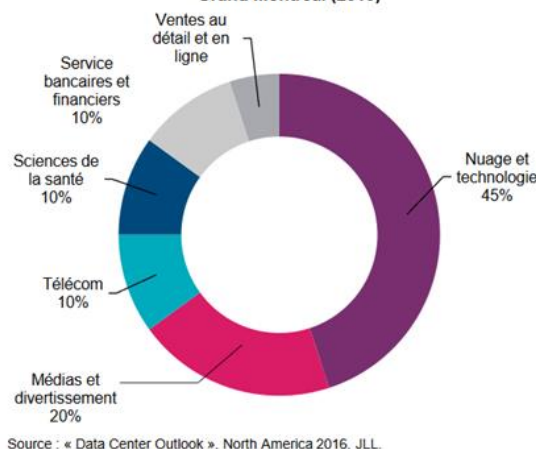
À titre de comparaison, les industries québécoises les plus énergivores requièrent plusieurs centaines de GWh par année pour une poignée d'usines (par exemple, environ 400 GWh pour les 36 usines de pâtes et papiers [132], et près de 200 GWh pour les 20 sites de production de produits chimiques [132]). Ces deux secteurs figurent parmi les plus gros consommateurs d'électricité au Québec). Mais le potentiel de développement de ces secteurs est aujourd'hui plutôt limité, en particulier quand on le met en perspective avec celui de l'hébergement de données. Porté par des taux de croissance annuelle entre 10 et 15% et avec des garanties de consommation importante [14], les acteurs du marché des centres de données sont donc accueillis à bras ouverts.

En outre, il paraît important de distinguer les centres de données et l'infonuagique pure, car cette dernière représente moins de la moitié des usages des centres de données à Montréal (chiffres de 2016) [63]. Ceux-ci sont aussi utilisés pour les médias, les télécoms, les sciences de la santé, les services bancaires et la vente en ligne (voir Figure 46(b)).

(a) Evolution des revenus des centres de données



(b) Demande des utilisateurs par secteur dans le Grand Montréal (2016)



Source : « Data Center Outlook », North America 2016, JLL.

Figure 46 : (a) Valeur ajoutée (directe + indirecte) des centres de données à Montréal, projection 2025 avec les centres existants et le scénario le plus haut (extrait de [14]). (b) Usage des centres de données en 2016. Extrait de [63].

4.4. Les technologies chaîne de blocs hors cryptomonnaies

La majorité des compagnies touchant aux technologies chaîne de bloc ne sont pas reliées aux cryptomonnaies [13] (Table 3). Cela est notamment dû aux innovations récentes, qui utilisent des jetons de chaîne de bloc pour des transactions, sans pour autant constituer une crypto-monnaie.

Table 3 : Nombre de compagnies reliées au secteur des chaînes de blocs, par spécialisations (données de [13]).

Services professionnels	25
Consultation et au développement de projets	25
Développement de solutions techniques et de logiciels	20
Cryptomonnaies	~15
Utilisation des identités	8
Audit et vérification	6
Technologies financières	6
Gouvernance et gestion des identités	3

Des initiatives prévoient de faire du Québec l'un des pôles mondiaux de services liés aux chaînes de blocs [13]. En plus de la présence de capitaux et d'organismes d'intermédiation, la recherche académique sur le sujet est d'ailleurs bien implémentée, avec 6 universités réparties sur le territoire québécois ayant des labos travaillant sur le sujet [13]. Le rapport de l'IREC rapporte même des applications dans le domaine de l'économie sociale et solidaire (ESS) : coordination décentralisée, émergence de coopératives locales, contrats intelligents, contributions aux domaines de la mobilité propre, de la santé, de la traçabilité alimentaire, etc. [13].

4.5. Les crypto-monnaies

« Salon de la crypto », « Comité blockchain » de HEC : les crypto-monnaies suscitent beaucoup d'intérêts dans le Grand Montréal. D'ailleurs Montréal a fait partie des 3 premières villes (avec Tel-Aviv et Varsovie) à avoir accueilli une « [ambassade Bitcoin](#) » en 2013. En 2020, il y avait une [vingtaine d'ambassades](#) à travers le monde.

Cependant, des instances législatives ont bloqué de nombreuses fois le développement d'initiatives de « minage » de crypto-monnaies [11, 12]. On compte tout au plus ~15 compagnies destinées aux crypto-

monnaies dont ~10 au minage d'après l'[IGN \[13\]](#), donc minoritaire dans le secteur "blockchain" (voir ci-dessus). De nombreux développeurs et personnes gravitant dans ce domaine (Bitcoin et cie) sont présents dans d'autres villes canadiennes : à titre d'exemple, le créateur de l'Ethereum (ETH) est un canadien de l'Ontario [\[120\]](#).

4.6. Les « Fintech », *financial technologies*

Quatre raisons expliquent le développement des *fin techs* au Canada : les talents, les capitaux, les politiques favorables et la demande croissante [\[4\]](#). Le Canada est le 6^e pays où les banques ont le plus d'actifs cumulés, et leur croissance est très importante depuis 2015 : les cabinets spécialisés semblent préconiser de poursuivre dans ce sens [\[4\]](#).

Montréal peut d'ores et déjà être considérée comme un pôle FinTech, même si des services *B2C* (entreprises à clients) tardent à se développer réellement [\[4\]](#). Elle a déjà beaucoup d'atouts pour devenir un futur hub de ces technologies : immigration facilitée, présence d'organismes de recherche en sciences des données comme le CRIM (Centre de recherche informatique de Montréal), ou IVADO (Institut de valorisation des données), financements grâce aux capitaux présents localement, etc. [\[4\]](#).

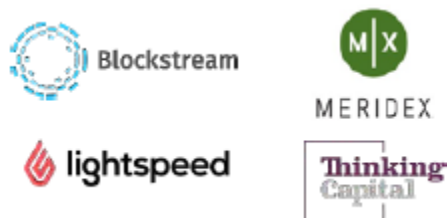


Figure 47 : 4 compagnies très impliquées dans les FinTechs à Montréal [\[4\]](#).

Le domaine des assurances est aussi représenté par l'instance [InsurTechQc](#), pour mettre en lien ce domaine avec les nouvelles technologies.

4.7. Le porno

Le porno est à la base de l'innovation logicielle, tout comme le « minitel rose » en France qui fut à la pointe du développement du minitel (et d'autres technologies) : 1^{ère} transaction bancaire en ligne, 1^{ères} vidéos en *streaming* en ligne, innovations de plateformes type « Tube », etc. [\[2\]](#). Les sites web pornographiques sont des spécialistes des plateformes à haut volume d'échange et haut trafic en temps réel, et doivent constamment innover dans le domaine des mégadonnées pour supporter ces échanges [\[71\]](#).

Sur Montréal, c'est principalement l'entreprise « MindGeek » (Mile-End), qui emploie "seulement" quelques milliers de personnes, mais brasse chaque année des milliards de \$ [\[1, 2\]](#), et recense plus de 100 millions de visites par jour sur ses sites [\[71\]](#). Ayant développé initialement le site Pornhub, il a racheté vers 2010 d'autres sites parmi les plus visités du secteur comme YouPorn, RedTube ou PlayboyTV. Le pôle sur Montréal s'occupe en général de la post-production, les films étant majoritairement tournés en Californie [\[2\]](#), mais conduit quand même à des tournages locaux [\[1, 2\]](#). En 2015, MindGeek reportait être à la source de plus de 3 milliards de publicités diffusées sur ses sites pornographiques via sa plateforme TrafficJunky.net : celle-ci représente plus de 10 000 Go de données par jour, 365 jours par an [\[71\]](#).

4.8. Les communautés de hackers

La communauté des hackers dans la ville de Montréal est l'une de plus actives au monde, comme le montre le documentaire HackMTL [\[116\]](#). Montréal est aussi une ville de prédilection pour l'organisation de festivals comme [DreamHack](#). D'autres événements autour du *hacking* comme [MontréalHack](#), [BrainHackMtl](#) ont lieu dans la métropole, même si bien-sûr d'autres villes représentent des pôles importants, comme Québec avec le [HackFest](#) ou encore Waterloo (ON) avec [HacktheNorth](#). Ces communautés viennent parfaitement compléter l'écosystème des TIC dans la métropole, et sont même à la

racine de développement de certaines technologies ou contre-technologies, en s'opposant notamment à la surveillance de masse [116]. De par sa nature, cette communauté reste cependant dur à quantifier.

4.9. La VR/AR/XR à Montréal

La ville de Montréal accueille diverses entreprises de VR : Greybox (formation), OVA (formation), Dassault Systèmes (via l'équipe universitaire de Rachid Aissaoui, usines numériques), Minority Media (divertissement), CogniSens (capacités cognitives), Udm (Jocelyn Faubert, comportement humain), et plusieurs laboratoires : à l'ETS (David Labbé, réadaptation), CRCHUM (David Labbé en réadaptation et Rachid Aissaoui pour la mobilité des personnes handicapées), CRIR (P. Archambault, réinsertion sociale), [75] l'université Concordia (A. Hammad, construction 2.0), McGill (J. Cooperstock du *Shared Reality Lab*, formation médicale), Polytechnique Montréal (B. Ozell, développement de jeux-vidéos), mais aussi les entreprises OSSimTech (apprentissage de la chirurgie) ou CAE Santé (formation médicale) [76].

C'est dans le domaine des arts que la VR/AR trouve aussi beaucoup d'applications (voir **section 3.8**). Voir **section 4.9** pour une présentation plus détaillée de ce domaine au Québec et au Canada.

4.10. Les jeux-vidéos

Montréal serait le 5^e pôle mondial de jeux-vidéos [3, 10] au monde, avec plus de 15 000 experts recensés. Les principales entreprises sont Ubisoft, Warner Bros et Epic Games, mais on dénombre aussi de nombreux petits studios créés au sein même de la métropole (voir **Figure 48** pour l'évolution temporelle depuis 2011). Fait intéressant, la moitié des experts jeu-vidéo ont gradué des universités montréalaises [10]. Les motivations pour expliquer l'essor de cette industrie sont les mêmes que pour les centres de données : Montréal regroupe un écosystème de TIC, une fiscalité d'entreprise avantageuse et une proximité avec les États-Unis [10]. De plus, les communautés de "gamers", et une population ayant plus tendance à limiter ses sorties pendant l'hiver (voir **section 2.3**) participent de l'intérêt local pour ce divertissement.

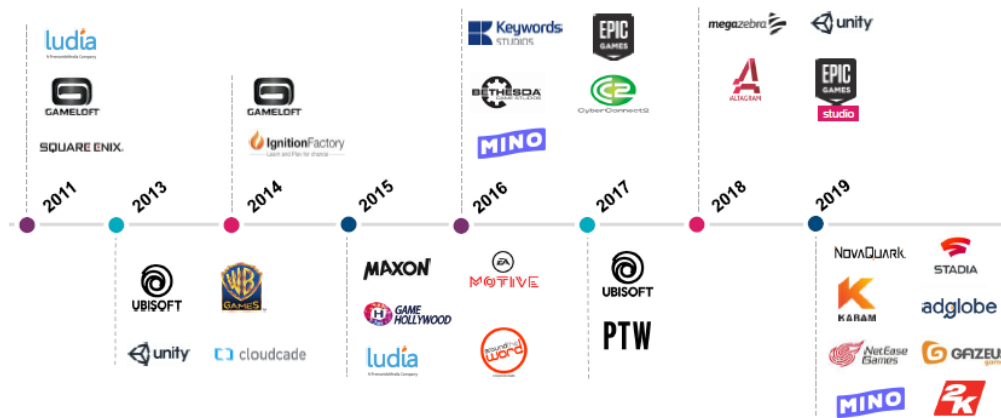


Figure 48: Évolution de l'implémentation des acteurs du jeu-vidéo dans le Grand Montréal, 2011-2019 [10].

4.11. Autres divertissements

De nombreux événements de divertissement à propos du digital ont eu lieu et auront lieu à Montréal [9] : MTL connect, Montreal Digital Week (2019, une occurrence), « #intersections », « Youth QC 2030 project » (depuis 2018) sous la bannière du Printemps du Numérique [9]. Tous ces domaines (jeux vidéos, XR/AR, etc.) sont portés par l'écosystème de la créativité numérique dans la métropole, qui se réclame l'un des plus **importants au monde** (voir **section 3.8** sur les arts au Québec).

4.12. Autres domaines mineurs

Les ventes mondiales de textiles intelligents ont beau être multipliées par [deux tous les ans](#) (et pourraient atteindre les 50 millions en 2023), l'innovation au Québec reste pour l'instant une niche. Au niveau canadien, plus de 60 entreprises sont engagées dans ce domaine [\[94\]](#), et l'IRSST souligne les débouchés pour la santé et sécurité au travail [\[94\]](#). On peut distinguer les textiles ultra-intelligents, actifs, ou passifs : leur fonction peut-être de chauffer ou refroidir, ou de [capter](#) des données pertinentes.

La mode est de plus la catégorie d'achat la plus élevée (23% en 2012) au Québec, et les médias sociaux sont l'un des véhicules par excellence pour développer des relations plus significatives avec les consommateurs, selon [\[101\]](#). En ce qui concerne la manufacture, 2/3 disposent de logiciels pour améliorer le processus de design et de développement de produits et l'efficacité opérationnelle tels que le PLM (*Product Lifecycle Management* ou gestion du cycle de vie du produit) et l'ERP (*Entreprise Resource Planning*) [\[101\]](#). L'impact d'internet sur le modèle d'affaires est la première préoccupation des ateliers créateurs et détaillants, qui développent la vente en ligne aux dépens de points de vente physiques [\[101\]](#), tendance qui d'ailleurs s'accroît suite à la crise du COVID-19). Le secteur du e-commerce au Québec suit donc la moyenne des pays occidentaux, et est a priori amené à se développer fortement dans le futur.

4.13. Conclusion (Montréal)

Centres de données :	élu meilleur endroit au monde (2019)	} au monde
Animation, : effet visuels	4e centre d'emploi logiciel	
	80% du développement logiciel	
Montréal		
Jeux-vidéos :	5e centre mondial	
	3e en Amérique du Nord	
I.A.	Pôle mondial n°1 de chercheurs en apprentissage profond (2019)	

Montréal apparaît comme une ville très tournée vers le numérique, pour de multiples usages. Il n'est d'ailleurs pas exclu que ces différents usages s'alimentent l'un l'autre. La métropole se classe par exemple dans le top 5 mondial pour divers secteurs, comme ceux des jeux-vidéos et des effets visuels (chiffres de 2016, voir visuel ci-dessus) [\[51\]](#). Les TIC représentent en activité directe environ 10% des emplois et du PIB de l'agglomération [\[3\]](#), et les emplois indirects ainsi que les diverses autres retombées économiques font très probablement monter ces chiffres bien plus haut.

De plus, le numérique et les TIC à Montréal sont *a priori* voués à croître fortement dans les prochaines années [\[4, 5\]](#), tant par les plans mis en œuvre au niveau régional, provincial et fédéral que par les différents atouts listés dans cette section, et les structures déjà mises en place.

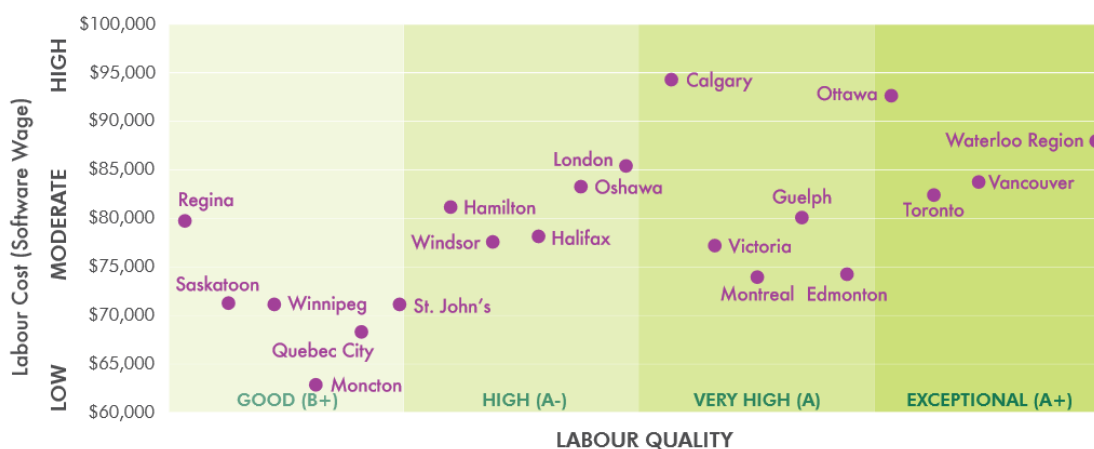
Alors qu'on associe généralement Montréal à une ville « verte », [très environnementale](#), on voit qu'elle est aussi en grande partie portée sur le numérique : y-a-t-il une contradiction ? Bien que certains estiment déjà que le numérique favorisera l'essor de la transition écologique, et que d'autres pointent les problématiques de pollution, il faut reconnaître que cette ambivalence n'est pas forcément par principe vecteur de synergie entre ces deux domaines. Il nous faudra cependant le confirmer ou l'infirmier par une étude quantitative, ce qui sera l'objet de notre 2^e rapport du projet diagnosTIC.

5. Ouverture : ailleurs au Canada et en Amérique du Nord

En 2017 le Canada lance en partenariat avec le CIFAR un programme pancanadien en I.A. doté de 125 millions de \$ [\[44\]](#), l'un des défis de la charte canadienne du numérique [\[25\]](#). Les autres défis de cette charte sont entre autres : la stratégie nationale de cybersécurité, l'Internet haute vitesse, le programme de développement de la technologie accessible, le défi des villes intelligentes, la stratégie spatiale pour le Canada, et le *Centre for the Fourth Industrial Revolution* [\[25\]](#). Le gouvernement fédéral entend donc développer les industries de TIC sur l'intégralité de son territoire, en ne restreignant pas à la seule province du Québec.

5.1. Comparaison entre les provinces

La moitié des « Institutions de recherche de renommée mondiale [en technologie] » listées par le site « investisseurs » du gouvernement canadien sont situées au Québec (CIMEQ, C2MI, ENCQOR, MILA), les autres étant situés en majorité près du Québec à Ottawa (CANARIE, Centre canadien de fabrication de dispositifs photoniques, Institut Vecteur). L'Ontario est donc le 2^e gros joueur de ce milieu, avec en plus « *The Institute for Quantum Computing* », puis vient Edmonton en Alberta (Amii) [43]. Toutefois, le rapport de CBRE de 2019 affirme que Montréal n'arrive qu'en 5^e position dans le secteur des « techs », derrière Toronto, Ottawa, Vancouver et la région de Waterloo (Québec est 8^e) [118]. En termes d'ingénieurs logiciels, ils soulignent que la main d'œuvre la plus qualifiée au Canada se trouve dans les 4 premières villes (**Figure 49**), mais au prix de salaires plus élevées [118]. On retrouve aussi la prévalence de ces pôles sur la cartographie des TIC au Canada (**Figure 50**), même si chaque ville importante parmi les provinces présente aussi des revenus de TIC non-négligeables [119].



Concentration of software engineers/developers with 3+ years of experience that have earned degrees from the Top 25 Computer Information Science programs in the U.S. and Canada as rated by U.S. News, 2018. Source: Statistics Canada LFS (NOCs) April 2019, U.S. News & World Report, CBRE Labor Analytics, CBRE Research, 2019.

Figure 49 : Ingénieurs logiciels au Canada : qualification VS coût. Données sur salaire moyen. Extrait de [118], © 2019 CBRE Research.



Figure 50 : Cartographie du secteur des « techs » au Canada (entreprises de TIC, gros revenus des techs, etc.), et zoom sur la région Montréal-Toronto. Les plus grosses concentrations en termes de revenus sont bien dans le sud-est de l'Ontario, à Vancouver, Ottawa-Gatineau et à Montréal. Extrait de [119]. © 2018 ITWorldCanada.

Parmi chaque province, environ 90% des Canadiens utilisent internet, mais l'Alberta comporte le plus d'utilisateurs proportionnellement (94%, voire **Figure 51(a)**). Malgré le relativement faible raccordement à internet ou au réseau téléphone de son territoire (**Figure 11** et **Figure 12**), la Colombie-Britannique possède cependant le plus de points WiFi gratuits (44% du total, **Figure 51(b)**), traduisant une certaine volonté de connecter son territoire [80]. Ceci tend à montrer qu'en plus de l'est du Canada (Québec et sud-est de l'Ontario), les provinces les plus à l'ouest misent aussi sur le numérique pour augmenter leur attractivité économique et le niveau de vie de leurs habitants.

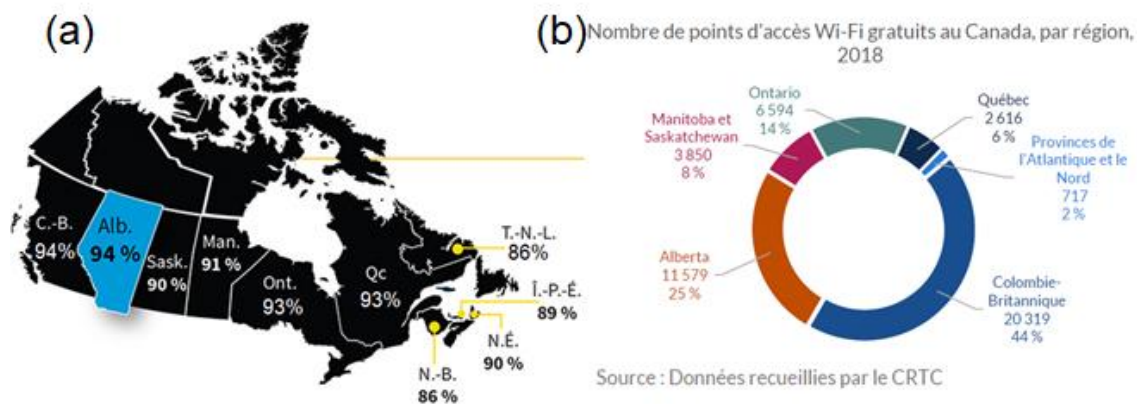


Figure 51 : (a) Pénétration d'internet en fonction des provinces. ©2016 Stat. Canada, complété avec les chiffres de 2018. (b) Répartition des points WiFi gratuits par régions, extrait de [80].

5.2. Comparaison avec la ville de Toronto, et l'Ontario

La ville de Toronto possède entre 13 000 et 22 000 entreprises de T.I. (dépendamment de l'étendue de la définition) [67-69], qui employaient 228 500 personnes en 2018 (5% des travailleurs), et est classée 3^e meilleure ville de TI en Amérique du Nord par CBRE [23]. Toronto accueille de nombreux événements numériques comme DX3Canada, Big Data Toronto, AAAI (édition 2012) et la FanExpo Canada [69]. Le pôle de Mississauga (qui fait partie du Grand Toronto) est par ailleurs la 2^e concentration de TIC en Amérique du Nord, avec 36 000 employés dans 770 entreprises [70].

La **Table 4** montre la comparaison en termes de TIC à Montréal et Toronto, et au Québec par rapport à l'Ontario : ce secteur entraîne plus de PIB, d'emplois et d'entreprises en Ontario, mais représente 5% du PIB total dans les deux provinces. Comparativement, la ville de Montréal emploie d'ailleurs une plus grande part de sa main d'œuvre en TIC que Toronto. Toronto possède par contre presque la moitié des plus grosses entreprises de TIC canadiennes en termes de revenus, alors que seulement ¼ sont situées à Montréal ([69], voir **Table 4**).

Table 4 : Comparaison Montréal-Toronto et Québec/Ontario à propos des TIC. Données de [67-69] et [23], 2018.[‡]

		Québec (Montréal)	Ontario (Toronto)
Métropole	Entreprises de T.I.	5 000 (8%)	13 000
	Emplois	100 000 (8.6%)	228 500 (5%)
	PIB	12 G\$ (9%)	30 G\$ (estimation)
	« Tech Talent ranking » (CBRE)	#13	#3
	Localisation des plus grosses (en revenus) entreprises de TIC canadiennes [69]	26%	47%
Province	Entreprises de T.I.	7 000 (11%)	22 000
	Emplois en T.I.	133 000 (3.8%)	296 000 (4%)
	Emplois en T.I.C. (2017, [72])	281 000 (8%)	560 000 (7.6%)
	PIB (TIC, 2019) [117]	20 G\$ (5%)	44 G\$ (5%)

5.3. Comparaison avec les USA

Les villes de la Silicon Valley des États-Unis restent les plus grosses concentrations de talents en TIC, mais les salaires très élevés qui y sont associés peuvent rendre les villes canadiennes plus attractives en comparaison (**Figure 52**) [23]. Le CBRE estimait par exemple en 2019 que la ville de Vancouver possédait des « talents » d'ingénieurs logiciels quasi-équivalents en qualité à ceux de la Silicon Valley, mais bien moins chers à payer (aussi grâce à la conversion CAD vers USD, voir **Figure 52**) [23]. C'est cependant à Montréal que la concurrence est une des moins féroce d'Amérique du Nord, selon [23], ce qui peut constituer un atout.

[‡] Le rapport [72] annonçait en 2017 plutôt 280 000 et 560 000 emplois dans les TIC au Québec et en Ontario respectivement, ce qui est presque le double des chiffres du tableau : la méthodologie pour désigner un emploi en TIC (par exemple TIC vers TI seulement) est donc importante

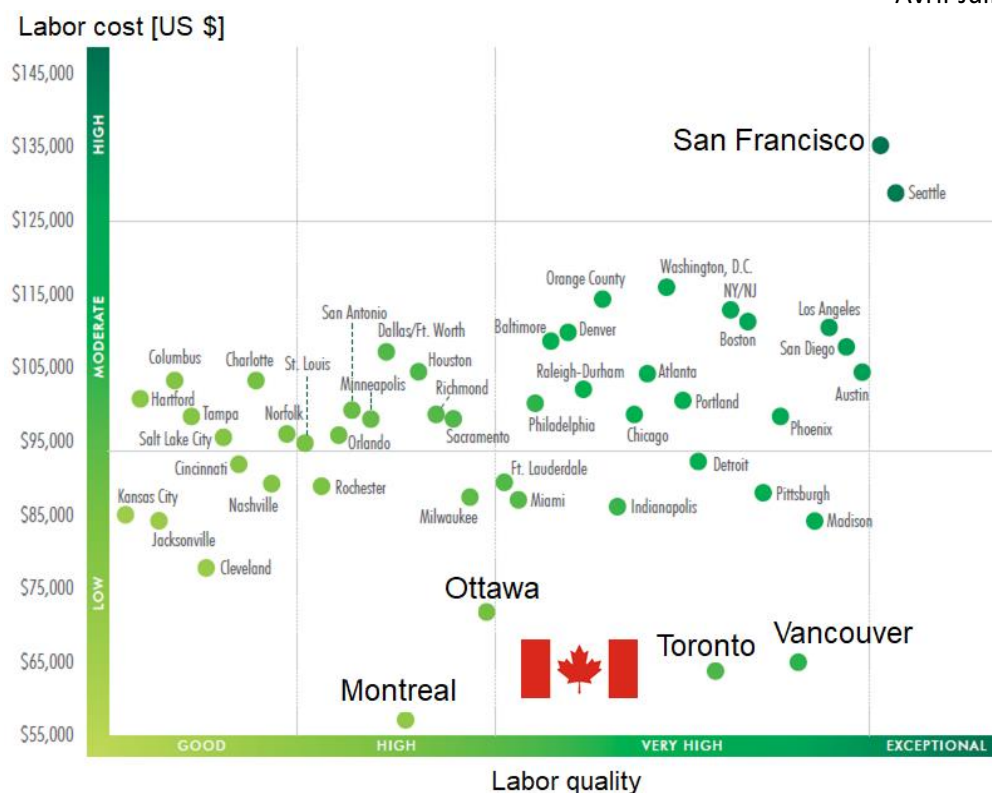


Figure 52: Ingénieurs logiciels en Amérique du Nord : qualification VS coût. Données sur salaire moyen, 2018. Les villes canadiennes sont biaisées par la conversion CAD vers USD. Extrait de [23].

5.4. Les TIC au Canada comparé aux autres nations

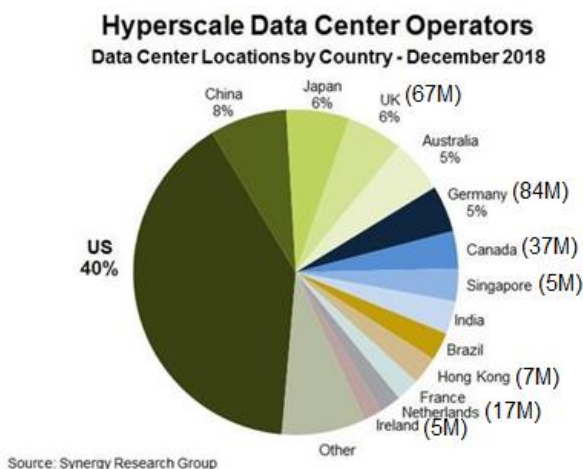


Figure 53 : Localisation des centres de données *hyperscale* pour l'infonuagique (population entre parenthèses). Le Canada en détenait environ 4% fin 2018, malgré son 37M d'habitants. © Synergy Research Group 2018.

Lorsqu'on regarde la localisation des centres de données de grande taille (*hyperscale*), la domination des Etats-Unis (acteur historique, notamment via la Silicon Valley) ressort immédiatement, puis viennent ensuite les autres « gros joueurs » habituels comme la Chine, le Japon, l'Australie, l'Allemagne, etc. Le

Canada occupe tout de même la 7^e place de ce classement, malgré sa population plus faible que les autres pays (37 M seulement). Cependant, d'autres pays concentrent bien plus les TIC comme Singapour (4% des centres de données *hyperscale* aussi, mais 5M d'habitants seulement) ou encore Hong-Kong (7M d'habitants).

Ainsi le Canada est un acteur non négligeable à l'international dans le domaine du numérique, mais dans des proportions moindres par rapport aux pays avec le plus de PIB et aux pays de l'Asie du Sud-Est, par exemple.

5.5. Autres perspectives futures, impacts de la pandémie de COVID19

À court terme, les usages du numérique vont s'intensifier, même après la fin de la pandémie de COVID19. Déjà pendant la pandémie la quasi-totalité des consultations médicales (hors états grippaux) se faisaient par visioconférences. Le télétravail et les appels vidéo se sont aussi généralisés à toutes les professions ad hoc, les commandes de nourriture en ligne se sont multipliées (cf Panier Bleu, permettant parfois la survie de certains commerces), les initiatives de « culture à la maison » (arts visuels, musique, etc. par vidéo ou même VR/XR) sont devenues légions, la webdiffusion a subi une forte croissance, etc. [29]. C'est ainsi plusieurs innovations des TIC qui pourraient être accélérées suite à la pandémie, comme la robotisation : des soins de santé et des services à la personne [90], ou encore des emplois automatisables. Les T.I.C. ont aussi été listées parmi les 10 secteurs d'activité essentielle par le gouvernement du Canada durant la crise.

Cisco rapporte que le trafic internet au Canada a augmenté de 25% pendant la crise [82], ce qui porte la consommation de données par habitant à plus de 130 Go par mois en 2020 (Figure 54(a), orange), alors qu'elle ne l'était que de 100 Go sans (chiffre estimé, 2017, Figure 54(a), violet) : leurs prédictions de 2017-2018 prévoyaient déjà une augmentation du trafic entre 2020 et 2021, mais celle-ci est d'autant plus importante avec le COVID19 (orange vs violet sur la Figure 54(a)) [81]. Cette croissance est ensuite supposée légèrement infléchir après 2021, mais pourrait frôler les 200Go/mois/hab, quatre fois le niveau de 2015 [81]. En comparant à d'autres régions, on voit qu'un canadien consomme 3× plus que la moyenne mondiale, mais 1.6× (2017) à 2× moins qu'un étasunien (Figure 54(b)) [83].

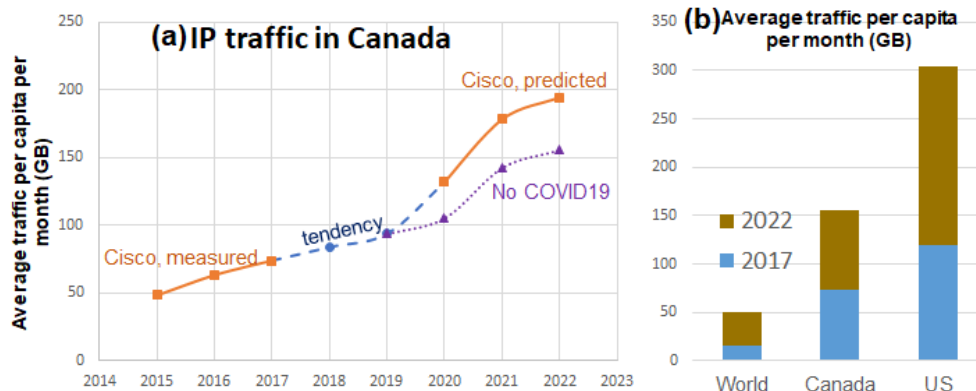


Figure 54 : (a) Compilation des données et prévisions de Cisco concernant le trafic internet par habitant au Canada [81]. (b) Comparaison avec la moyenne mondiale, et aux États-Unis (Cisco). ©2020 Les Shifters Montréal

En outre, plusieurs entreprises avouent se pencher sur des options de réalité virtuelle (VR) pour des événements de divertissement.

Les TIC sont ainsi vouées à être de plus en plus utilisées et déployées au Québec d'ici 2023, conformément au plan d'orientation du gouvernement québécois [26] :



Figure 55: Objectifs d'avenir des TIC au Québec, à réaliser d'ici 2023. ©2019 de [26].

Ainsi les rappels d'agenda, les pratiques de travail, les processus administratifs, la diffusion des données et l'utilisation des services numériques devraient atteindre une proportion de 60% ou plus d'ici 2023 [26]. Au niveau fédéral (Canada), la migration vers l'infonuagique (notamment de documents partagés), l'utilisation de l'I.A., de la technologie de chaîne de bloc, la généralisation de la visioconférence au bureau, et la maîtrise des mégadonnées sont les priorités du plan d'orientation 2022 [27].

Enfin, le but du gouvernement est de doubler le nombre d'entreprises de TIC de plus d'1G\$ de revenu d'ici à 2025 (au nombre de 13 en 2016), sachant qu'il a déjà doublé depuis 2007 [27].

Conclusion générale

Portrait global

Ceci confirme nos intuitions : Montréal et les métropoles canadiennes ne sont absolument pas les principaux pôles tout TIC confondus dans le monde ou même en Amérique du Nord, mais demeurent, même face à la Silicon Valley, très concurrentiels en termes de compétences, ou sur des secteurs bien précis comme on a pu le voir pour Montréal. De plus, la spécialisation dans des domaines comme l'IA, allié à des atouts déjà présents comme des coûts de développement moins importants, pourront dans les prochaines années contribuer à un essor très important du numérique dans les métropoles canadiennes.

On a aussi vu que le numérique était très implémenté dans toutes les strates de l'économie canadienne ou québécoise, et l'est probablement autant dans la plupart des pays de l'OCDE. En effet, de la gestion de l'énergie au domaine des transports, en passant par l'éducation ou même l'agriculture, les TIC sont utilisées partout et deviennent progressivement indispensables. On a pu aussi remarquer qu'au Québec et au Canada, un habitant moyen consomme bien plus de produits numériques matériels et de données que la moyenne, même s'il reste pour l'instant en deçà des États-Unis par exemple. **Il apparaît donc essentiel de quantifier l'impact environnemental de ces usages numériques au Canada.**

Perspectives de l'augmentation du numérique

Ce rapport montre aussi que l'usage et la présence du numérique – et donc ses potentielles externalités négatives - continueront à augmenter à l'avenir au Québec et au Canada, partout sur le territoire et dans tous les domaines pour les raisons mentionnées avant.

Cependant, d'autres raisons pourraient encore accroître cette augmentation. En effet, de nombreuses corrélations ont été observées entre le déploiement de matériel numérique (comme le haut débit) et l'utilisation accrue de services reliées (comme la VoD, voir **Figure 56(a)**, ou le temps à regarder des vidéos (b)) [64] : ce genre de lien se comprend assez bien, plus il est immédiat et confortable de réaliser une de ces envies, plus elle sera réalisée. Mais on pourrait aussi affirmer que la causalité est inverse : les gens réclament de plus en plus de services de vidéo, et pour cela de plus en plus de débit internet est installé.

Dans les deux cas l'utilisateur s'habitue de façon croissante à un service facile d'accès, et les deux effets s'auto-renforcent en boucle fermée (voir **Figure 56**, bas).

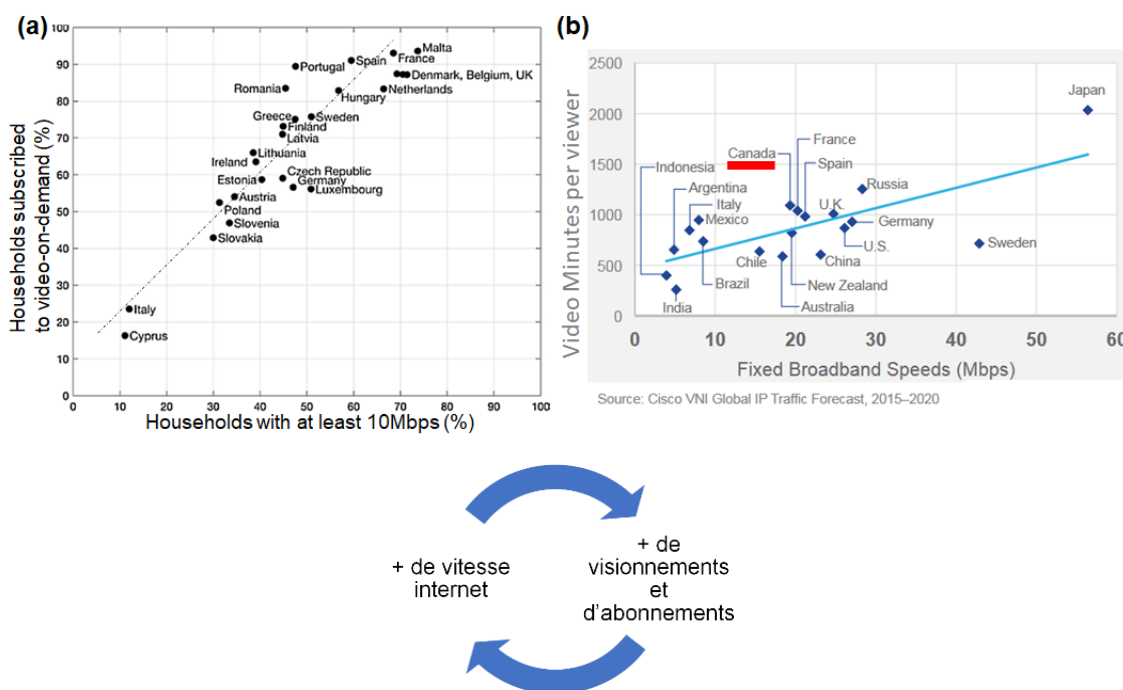


Figure 56 : (a) Corrélation entre le déploiement du haut débit et la souscription à un service de VoD, par pays (Europe), tiré de [64]. (b) Corrélation entre le temps total à regarder des vidéos et la vitesse de téléchargement, par pays (2016), ©2016 Cisco [83].

D'autre part, le numérique pousse à la concentration urbaine [124] (voir aussi [des exemples d'articles](#)) : le développement d'industries de TIC se fait le plus souvent au cœur-même des grandes villes, pour attirer les meilleurs talents dans le domaine (qui sont la plupart du temps très urbains), mais aussi pour évoluer dans un cadre où les capitaux et les opportunités sont disponibles (voir l'exemple de Montréal). Or, cela tend à faire de ces centres urbains de véritables attracteurs de population, et à déséquilibrer le ratio ville/campagne [124].

La concentration urbaine fait naître de grandes infrastructures, les besoins vitaux (eau, nourriture) doivent être importés sans cesse de zones lointaines, et la population a besoin d'une évacuation régulière de ces centres surpeuplés, résultant en des déplacements : contrairement à une idée reçue, la concentration urbaine tend donc à augmenter la pollution et la [dépense d'énergie](#) par habitant. **L'aspect de la pollution directe et indirecte sera cependant étudié plus en détail dans le 2^e rapport de notre projet diagnosTIC, à paraître bientôt.**

Annexes

A.1 Résumé des politiques incitatives pour le développement des TIC au Québec et Canada

Voici une liste (non-exhaustive) de programmes incitant au développement des TIC :

Programme *Québec Branché* : pour que les « régions rurales et éloignées puissent avoir accès à des services Internet haute vitesse (IHV) de qualité, à un coût comparable à celui observé en milieu urbain » (**100 millions \$**) [21].

Programme *Brancher Pour Innover* (BPI) : lancé en décembre 2016 afin d'étendre le service Internet haute vitesse dans les collectivités mal desservies par le secteur privé au Canada (**500 M\$**) [32]. En 2018 est lancé « La haute vitesse pour tous : la stratégie canadienne pour la connectivité » : **1.7 milliard de \$** pour le haut débit, notamment via le développement des satellites en orbite basse, **2 milliards de \$** pour les infrastructures à large bande dans les zones nordiques et rurales, **1 milliard de \$ dans les 10 ans** pour la connectivité, couplé à **2 milliards \$** du secteur privé [32].

Programme ESSOR : manufactures, centres de recherche privés, services environnementaux, tourisme et édition logiciels, dont les dépenses d'immobilisations s'élèvent à 250 000 \$ et plus, et salaires versés au cours des 3 premières années est de **2+ M\$** [63], bourses et prêts sans intérêts pour l'industrie du jeu-vidéo [10].

Les crédits d'impôts pour l'industrie du jeu-vidéo, notamment à Montréal, sont parmi les plus avantageux au monde [10], et toutes les TI bénéficient de 25 000\$ de crédit provincial par employé (CDAE). De même, une entreprise qui investit **100M\$** ou plus (ex : installation de centres de données) peut être exemptée d'impôts pendant 15 ans [63]. HydroQuébec offre aussi une réduction initiale de 20% du prix de l'électricité pour les gros projets > 1MW [63].

Les gouvernements du Québec et du Canada ont annoncé début 2020 **75M\$ pour ScaleAI** (voir section 4.2 sur l'IA à Montréal), en partenariat avec le privé. Montréal a été choisie en 2019 pour un centre d'expertise mondial en I.A., doté de **15M\$ sur 5 ans** par le Québec et Canada [3], et plusieurs entreprises en IA de Montréal ont obtenues **100M\$** entre 2017 et 2019 [3]. NovaSciences contribuant à la relève en sciences et technologies au Québec concernait spécifiquement le « soutien aux initiatives de formation en I.A. » (2019), avec **12.5 M\$** [41]. Le Canada a lancé via le CIFAR un programme pancanadien pour le développement de l'I.A. de **125 M\$** [44]. Le rapport d'I.A. Québec fait en outre écho de **163 M\$** de financement au total par la province [84], et préconise même **400 M\$ supplémentaires** : couplés aux financements fédéraux, universitaires et de la part des industries, le financement total atteint un milliard de \$ (**Figure 57**), et pourrait même aller jusqu'à **1.5 milliard \$** si la part des industries est doublée [84].

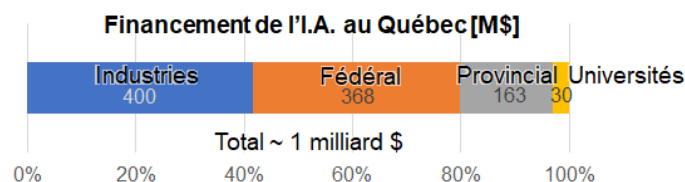


Figure 57 : Chiffres de [84]. ©2020 Les Shifters Montréal.

La « Supergrappe » des technologies numériques « vise à faire du Canada un chef de file mondial de l'innovation numérique et à libérer le potentiel des données » (basé à Vancouver), avec déjà **360 M\$** [65].

Programme ENCQOR 5G : **400 M\$** du Québec, de l'Ontario et du Canada pour un rapprochement entre plusieurs entreprises et initiatives provinciales pour développer la 5G [36].

En 2016 le Canada souhaitait aussi doubler son nombre d'entreprises de TIC à revenu de plus d'un milliard de \$ et tripler celles entre 0.5 et 1 milliard à l'horizon 2025 [28].

Au niveau éducation, le Québec a développé dans la majorité de ses régions des pôles d'éducation aux technologies : [Technoscience Abitibi-Témiscamingue](#), [Technoscience Côte-Nord](#), [Technoscience de l'Estrie](#), [Technoscience Est-du-Québec](#), [Technoscience Outaouais](#), [Technoscience Saguenay-Lac-Saint-Jean](#), [Réseau Technoscience](#) (métropole), [RéciT](#). Le « [Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur](#) » a débloqué en 2018 **1200 M\$** sur 5 ans.

Le Canada finance les villes intelligentes à hauteur de **124 G\$ de financement en 2020**, et continuera sur cette lancée jusqu'en 2022 au moins [123].

Contributions

Rassemblement des sources, lecture des rapports, écriture, figures, mise en page : M. Pinsard.

Participation aux sections : J. Toussaint (centres de données), A. Blardone (*e-learning*), R. Jean (bâtiments intelligents), L. Queinnec (commerce alimentaire).

Participation aux discussions, élaboration du plan : M. Pinsard, J. Toussaint, M. Souben, L. Queinnec.

Direction, relecture : M. Pinsard, J. Toussaint.

Remerciements

Nous remercions Brigitte Jaumard pour les discussions fructueuses.

Bibliographie

- CEFRIO, « [Portrait numérique des foyers québécois](#) » (2019)
- TechnoMontréal, « [Livre blanc des technologies au Québec](#) » (2018)
- TechnoCOMPETENCES, « [Diagnostic sectoriel de la main-d'œuvre dans le secteur des technologies de l'information et des communications \(TIC\) au Québec](#) » (2018)
- IREC, « [La révolution numérique au service du bien commun : la technologie des chaînes de blocs](#) » (2020), 60p.
- Montreal International, « [Le Grand Montréal, plaque tournante mondiale du jeu vidéo](#) » (2020), « [Pourquoi les géants de l'intelligence artificielle mettent le cap sur le Grand Montréal](#) » (2019) et « [Le Grand Montréal : Endroit idéal pour l'hébergement et le traitement de données](#) » (2019)
- Canada trade, « [ICT sector in Canada](#) » (2018), page web.
- CRTC, « [Rapport de surveillance des communications](#) » (2019).

Références détaillées

- [1] "MindGeek: The Not-so-Secret Tech Giant of Montréal" (2019), <http://bullandbearmcgill.com/mindgeek-the-not-so-secret-tech-giant-of-montreal>
- [2] "Montreal XXX", Documentaire sur Tou.tv (2019)
- [3] Montreal international, « Pourquoi les géants de l'intelligence artificielle mettent le cap sur le Grand Montréal » (2019), https://www.montrealinternational.com/app/uploads/2019/02/profil_sectoriel_intelligence-artificielle_2019.pdf
- [4] EY, "Accelerating Development in Montreal's FinTech Ecosystem: Findings and Recommendations, Montréal", rapport (2017), <https://www.finance-montreal.com/wp-content/uploads/2017/12/ey-accelerating-development-in-montreals-fintech-ecosystem-fr.pdf>
- [5] KPMG, "L'avenir numérique au Canada" (2019), <https://home.kpmg/ca/fr/home/campaigns/2019/04/connected-enterprise.html>
- [6] KPMG, "Maturité numérique : secteur canadien de l'énergie et des ressources naturelles" (2020), <https://home.kpmg/ca/fr/home/insights/2020/02/digital-maturity-of-canadian-energy-mining.html>
- [7] « AAAI conferences », <https://www.aaai.org/Conferences/AAAI/aaai.php>, consulté 2020-04-27
- [8] « World Summit AI », <https://worldsummit.ai/about-us/>, consulté 2020-04-27

- [9] «Printemps Numérique », <https://www.printempsnumerique.ca/en/about/>
- [10] Montréal International, « Le Grand Montréal, plaque tournante mondiale du jeu vidéo » (2020), <https://www.montrealinternational.com/fr/actualites/le-grand-montreal-5e-pole-mondial-du-jeu-video/>
- [11] T. Péloquin, « Cryptomonnaies: l'AMF bloque une deuxième entreprise de minage » (2019), <https://www.lapresse.ca/affaires/economie/services-financiers/201903/19/01-5218736-cryptomonnaies-lamf-bloque-une-deuxieme-entreprise-de-minage.php>
- [12] « Des municipalités interdisent le minage de cryptomonnaies jugé trop énergivore » (2020), <https://electricite-plus.com/2020/01/15/des-municipalites-interdisent-le-minage-de-cryptomonnaies-juge-trop-energivore/>
- [13] IREC, « La révolution numérique au service du bien commun : la technologie des chaînes de blocs » (Fev. 2020), 60 pages, <https://irec.quebec/publications/notes-de-recherche/la-revolution-numerique-au-service-du-bien-commun-la-technologie-des-chaines-de-blocs>
- [14] KPMG, « Analyse économique des centres de données – Présentation à la direction d'Hydro Québec » (2017), <http://www.hydroquebec.com/data/centre-donnees/pdf/hq-centres-de-donnees-kpmg.pdf>
- [15] CEFRIO, « Quel portrait dresser quant aux usages du numérique dans les foyers québécois en 2018? », <https://cefrio.qc.ca/fr/enquetes-et-donnees/netendances2018-portrait-numerique-des-foyers-quebecois/>, publication : <https://cefrio.qc.ca/media/2015/netendances2018-portraitnumeriquefoyersquebecois.pdf>
- [16] CEFRIO, « Usage du téléphone intelligent » (2017), voir aussi la version 2019 « Portrait numérique des foyers québécois » : https://cefrio.qc.ca/media/2288/netendances-2019_fascicule-4_portrait-num%C3%A9rique-des-foyers-qu%C3%A9bécois_final.pdf
- [17] ARCEP, « Baromètre du numérique 2019 » (France), https://www.arcep.fr/uploads/tx_gspublication/rapport-barometre-num-2019.pdf
- [18] Novipro & Leger, « Portrait des TI dans les moyennes et grandes entreprises canadiennes » (2020), <https://hub.novipro.com/fr/portrait-des-ti-2020>
- [19] CEFRIO pour Gov. Québec, « Industrie 4.0 : Enquête auprès des entreprises manufacturières du Québec » (2017), <https://cefrio.qc.ca/media/1033/enquete-2017-industrie40-enquete-entreprises-manufacturieres.pdf>
- [20] Global e-Sustainability Initiative, Smarter2030 - ICT Solutions for 21st Century Challenges (2015), http://smarter2030.gesi.org/downloads/Full_report.pdf
- [21] Programme Québec Branché – « Complément D'information au Guide D'appel De Projets » (2017), https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/programmes/aide_financiere/quebec_branche/quebec_branche_complement.pdf
- [22] Association Québécoise des technologies, « Le baromètre de compétitivité AQT 2018 », <https://www.aqt.ca/nouvelles/barometre-de-competitivite-2018-les-signes-vitaux-des-pme-technos-sous-la-loupe/>
- [23] CBRE Research « 2019 Scoring Tech Talent: Influencing Innovation, Economic & Real Estate Growth in 50 U.S. & Canadian Markets » (2019), disponible à l'URL: <https://www.cbre.us/research-and-reports/Scoring-Tech-Talent-in-North-America-2019>
- [24] Le Soleil, «Le gouvernement du Québec aura son centre de cyberdéfense" (2019), <https://www.lesoleil.com/actualite/politique/le-gouvernement-du-quebec-aura-son-centre-de-cyberdefense-556645155ceb40675b2ddfed5c64079c>
- [25] "Innovation, Sciences et Développement économique Canada (2019) « Charte canadienne du numérique : La confiance dans un monde numérique »" (2019), https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/fra/h_00108.html

- [26] Conseil du Trésor du Québec, « Stratégie De Transformation Numérique Gouvernementale 2019•2023 » (2019), <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/secretariat-du-conseil-du-tresor/publications-adm/strategie/StrategieTNG.pdf?1559512998>
- [27] Conseil du Trésor du Canada, « Plan stratégique des opérations numériques de 2018 à 2022 » (2018), http://publications.gc.ca/collections/collection_2019/sct-tbs/BT39-46-2018-fra.pdf
- [28] Tables de stratégies économiques du Canada, « L'impératif de l'innovation et de la compétitivité : Saisir les occasions de croissance — Rapport des Tables de stratégies économiques du Canada : Industries numériques » (2018), [https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISED_IndustriesNumeriques.pdf/\\$file/ISED_IndustriesNumeriques.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/vwapj/ISED_IndustriesNumeriques.pdf/$file/ISED_IndustriesNumeriques.pdf)
- [29] Québec numérique, « Boîte à outils COVID19 », <https://www.quebecnumerique.com/boite-outils/#tab-171-0>
- [30] Gouvernement Canada, « Zones pouvant améliorer l'accès à la large bande » (2019) <https://www.ic.gc.ca/app/sitt/ibw/hm.html?lang=fra>
- [31] Gouvernement Canada, « Carte nationale des services Internet à large bande » (2020), <https://www.ic.gc.ca/app/sitt/bbmap/hm.html?lang=fra>
- [32] Gouvernement Canada, « La haute vitesse pour tous » (2019), https://www.ic.gc.ca/eic/site/139.nsf/vwapj/ISED_19-170_Connectivity_Strategy_F_Web.pdf
- [33] Gouv. Québec, « Centres de recherche », Les TIC, <https://www.economie.gouv.qc.ca/objectifs/informer/par-secteur-dactivite/technologies-de-linformation-et-des-communications/>
- [34] EY, « Panorama des cleantechs au Québec » (2017), https://ecotechquebec.com/documents/files/Etudes_memoires/panorama-cleantech-ecotech-quebec-ey.pdf
- [35] Ecotech Québec, « Aperçu Des Technologies Propres Au Québec » (2019), <https://ecotechquebec.com/documents/files/Apercu/aperce-u-tp-ecotech-quebec-2019-interactif-50p-fr.pdf>
- [36] ENCQOR, « La technologie 5G » (2018), <https://quebec.encqor.ca/technologies-5g/>
- [37] « L'Industrie 4.0 - Sondage auprès de PME québécoises du secteur manufacturier » (2019), https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/publications/etudes_statistiques/secteur_manufacturier/enquete_industrie4_2019.pdf
- [38] Baxtel.com, « Quebec Province Data Center Market » (2019), consulté le 4 Mai 2020, <https://baxtel.com/data-center/quebec-province>
- [39] IPSE Comodo, « L'infonuagique nous y sommes... » (2016), <https://isaca-quebec.ca/assets/presentations/2016-09-28-L-IPSE-L-infonuagique-nous-y-sommes.pdf>
- [40] Synergy Research, <https://www.srgresearch.com/articles/cloud-drives-2018-spending-data-center-hardware-software-150-billion>
<https://www.srgresearch.com/articles/covid-19-fails-dent-aggressive-growth-cloud-spending-half-q1-market-belongs-amazon-microsoft>
- [41] "Programme NovaScience" (2019), <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/programmes/aide-financiere/programme-novascience/>
- [42] « Internet des objets » (2020), <https://www.economie.gouv.qc.ca/objectifs/informer/par-secteur-dactivite/>
- [43] « Investir au Canada » (2020), <https://www.investircanada.ca/secteurs/technologie>
- [44] CIFAR, « Rapport annuel 2018-2019 », <https://www.cifar.ca/docs/default-source/accountability/rapportannuelcifar2018-2019.pdf>

- [45] Investir au Canada, « L'internet des objets au Canada » (2016), https://www.international.gc.ca/investors-investisseurs/assets/pdfs/download/Secteurs_de_Pointe-Internet_des_objets.pdf
- [46] PanamericanWorld, "These Canadian Companies Lead the "IoT" Sector Globally" (2019), <https://panamericanworld.com/en/magazine/business/internet-of-things-canada/>
- [47] Observatoire de la consommation responsable, « Baromètre Consommation Responsable », France (2019), <https://ocresponsable.com/barometre-de-la-consommation-responsable-edition-2019/>
- [48] TECHNOCompétences, « Diagnostic sectoriel de la main-d'œuvre dans le secteur des technologies de l'information et des communications (TIC) au Québec » (2018), https://www.technocompetences.qc.ca/wp-content/uploads/2018/11/2018_DiagnosticSectoriel_TECHNOComp%C3%A9tences.pdf
- [49] Malmodin, J., & Lundén, D. (2018). The energy and carbon footprint of the global ICT and E&M sectors 2010–2015. *Sustainability*, 10(9), 3027, <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/research-papers/the-future-carbon-footprint-of-the-ict-and-em-sectors>
- [50] PWC, "Global Entertainment & Media Outlook 2019–2023" (2019), <https://www.pwc.com/gx/en/industries/tmt/media/outlook.html>
- [51] E. Quintas, « Comprendre et valoriser l'écosystème montréalais de la créativité numérique : un levier pour le développement local et le rayonnement international de la métropole », 52p, Printemps numérique (2016), <https://www.printempsnumerique.ca/wp-content/uploads/2018/02/Cartographie-creativite-numerique-PNMTL.pdf>
- [52] Gouv Canada, « Profil du secteur canadien des TIC 2018 » (2018), [https://www.ic.gc.ca/eic/site/ict-tic.nsf/vwap/Profil_du_secteur_TIC2018_fra.pdf/\\$file/Profil_du_secteur_TIC2018_fra.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/ict-tic.nsf/vwap/Profil_du_secteur_TIC2018_fra.pdf/$file/Profil_du_secteur_TIC2018_fra.pdf)
- [53] « Les TIC à Québec en quelques chiffres » (2016), <https://www.quebecinternational.ca/fr/choisir-quebec/industries-de-quebec/technologie-information-et-communication>
- [54] Gouv Canada, Commerce international du Canada en services des technologies de l'information et des communications (TIC) et en services fondés sur les TIC (2018), <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/pub/13-605-x/2018001/article/54965-fra.pdf?st=gOJy-ndo>
- [55] Sondage IPSOS pour la filière DEEE, en partenariat avec l'ADEME (2016), repris sur <https://www.ecologic-france.com/images/medias/document/12862/communiquede-presse-ecologic-eco-systemes-chaque-foyer-possede-99-ecel6-juin-2016.pdf>
- [56] ADEME, Erwann FANGEAT. Groupement Deloitte Développement Durable, Alice DEPROUW (In Extenso Innovation Croissance), Marion JOVER (IEIC), Mathilde BORIE (IEIC). 2019. Rapport Annuel du registre des déchets d'équipements électriques et électroniques—données 2018. 112pages, <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/registre-deee-donnees-2018-rapport.pdf>
- [57] GSMA, "The Impact of the Internet of Things: The Connected Home" (2015), <https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/15625-Connected-Living-Report.pdf>
- [58] Québec international, « Québec, région branchée sur les technologies de l'information et de la communication » (2016), <https://www.quebecinternational.ca/fr/choisir-quebec/industries-de-quebec/technologie-information-et-communication>
- [59] Invest Québec, « Le Québec, idéal pour les centres de données » (2019), <https://www.investquebec.com/international/fr/secteurs-activite-economique/technologies-information-communications/centres-de-donnees.html>
- [60] F. Bordage, « Empreinte environnementale du numérique mondial », GreenIT (2019), <https://www.greenit.fr/empreinte-environnementale-du-numerique-mondial/>
- [61] The Shift Project, « Lean ICT » (2018), 3 rapports, <https://theshiftproject.org/lean-ict/>

- [62] Hydro Québec, « Voir grand avec notre énergie propre », rapport annuel (2019), <http://www.hydroquebec.com/data/documents-donnees/pdf/plan-strategique.pdf?v=2019-12-05>
- [63] Montréal International, « Le Grand Montréal : Endroit idéal pour l'hébergement et le traitement de données » (2019), https://www.montrealinternational.com/app/uploads/2019/04/profil_sectoriel_centres-de-donnees_2019.pdf
- [64] Morley, Janine, Kelly Widdicks, and Mike Hazas. "Digitalisation, energy and data demand: The impact of Internet traffic on overall and peak electricity consumption." *Energy Research & Social Science* 38 (2018): 128-137, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629618301051>
- [65] La Supergrappe, « Plan d'affaires de la Supergrappe des technologies numériques du Canada 2018-2023 » (2019), https://www.digitalsupercluster.ca/wp-content/uploads/2019/05/Digital_Strategic-Plan_-27April2019-FRENCH-.pdf
- [66] Gouv Canada, « Mesurer les activités économiques numériques au Canada, 2010 à 2017 » (2019), <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/190503/dq190503a-fra.htm>
- [67] *Invest in Ontario*, « Information technology » (2020), <https://www.investinontario.com/information-technology#IT-map>
- [68] *Invest in Ontario*, « Là où la technologie de l'information bat son plein » (2020), <https://www.investinontario.com/fr/brochures/publication/la-mecque-de-la-technologie-de-linformation>
- [69] Canada trade, « ICT Sector in Canada » (2018), <https://canada.trade.gov.pl/en/news/281379,ict-sector-in-canada.html>
- [70] Thefutureisunlimited.ca, « Information & Communications Technology (ICT) in Mississauga » (2018), <https://www.thefutureisunlimited.ca/wp-content/uploads/2019/01/CoM-ICT-Brochure.pdf>
- [71] O. Beauchesne, « BDM39: How MindGeek's Ad Network uses Big Data Technologies to push Billions of Impressions per Day » (2015), <https://es.slideshare.net/BigDataMTL/bdm39-how-mindgeeks-ad-network-uses-big-data-technologies-to-push-billions-of-impressions-per-day-by-olivier-beauchesne>
- [72] Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) Canada, « La Prochaine Vague de Talents : Naviguer le Virage Numérique - Perspectives 2021 » (2017), https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2017/04/ICTC_Perspectives-2021.pdf
- [73] PulseonVR, « L'état de la réalité virtuelle au Canada (T2 2019) » (2019), http://pulseonvr.ca/wp-content/uploads/2019/07/Situation-Analysis-Q2-2019_FINAL_FR.pdf
- [74] Goldman Sachs, « Virtual and Augmented Reality – Understanding the race for the next computing platform » (2016), <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf>
- [75] Ville de Montréal, « Réalité virtuelle et réalité augmentée : technologies de pointe au cœur de l'innovation à Montréal (partie 1) » (2017), <https://ville.montreal.qc.ca/idmtl/realite-virtuelle-et-realite-augmentee-technologies-de-pointe-au-coeur-de-linnovation-a-montreal-partie-1/>
- [76] Ville de Montréal, « Réalité virtuelle et réalité augmentée : technologies de pointe au cœur de l'innovation à Montréal (partie 2) » (2018), <https://ville.montreal.qc.ca/idmtl/realite-virtuelle-et-realite-augmentee-technologies-de-pointe-au-coeur-de-linnovation-a-montreal-partie-2/>
- [77] CIRA, « Canada's Internet Factbook » (2019), <https://www.cira.ca/resources/corporate/factbook/canadas-internet-factbook-2019>
- [78] IDC Canada, « IDC Canada Releases Its 2020 Predictions for the Canadian ICT Market – Moving From Digital Vision to Execution », (2019) <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prCA45712219>
- [79] D. Dupuis, « Portrait du Secteur des Tic à Magog – Enquête Interne » (2019), <https://magogtechnopole.com/wp-content/uploads/DD-MT-Evaluation-des-retombees-190222-Sans-composition-filieres-TIC.pdf>

- [80] CRTC Canada, « Rapport de surveillance des communications » (2019), <https://crtc.gc.ca/fra/publications/reports/policymonitoring/2019/cmr10.htm>
- [81] Cisco, « VNI Complete Forecast Highlights », for Canada, 2015, 2016, 2017, ex : https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Canada_2021_Forecast_Highlights.pdf pour 2016-2021
2017-2022 : https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Canada_2022_Forecast_Highlights.pdf
- [82] “Global Traffic Spikes. No Panic at the Cisco!”, 26 mars 2020, <https://blogs.cisco.com/news/global-traffic-spikes-no-panic-at-the-cisco>
- [83] Cisco, « VNI Complete Forecast Highlights » 2017-2022, monde : https://www.cisco.com/content/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/Global_2022_Forecast_Highlights.pdf, US : https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/United_States_2022_Forecast_Highlights.pdf
- [84] IA Québec, “Stratégie pour l’essor de l’écosystème québécois en intelligence artificielle » (2018), <https://ia.quebec/wp-content/uploads/2018/06/Strategie-IA-vDEF-19-juin-2018-v8.pdf>
- [85] “Global Payments Report 2020”, page 57, <https://worldpay.globalpaymentsreport.com/>
- [86] CTRC, “Broadband Internet Service Coverage in Canada in 2014”, <https://crtc.gc.ca/eng/internet/internetcanada.htm>
- [87] Blum, De Blois & Tadjine, « L’impression 3d : de l’émerveillement technique aux enjeux organisationnels, économiques et sociétaux », Université Laval (2017), <https://corpus.ulaval.ca/jspui/bitstream/20.500.11794/14307/2/Blum%20et%20al.%20-%20Impression3D%20%282017%29.pdf>
- [88] Institut de développement de produits, <https://www.idp-innovation.com/dossier-impression-3d-volet-4-les-entreprises-et-la-transition-numerique/>, voir aussi « Dossier Impression 3D – Volet 5 – L’impression 3D, au-delà des aspects techniques ! » (2018), <https://www.idp-innovation.com/dossier-impression-3d-volet-5-l-impression-3d-au-dela-des-aspects-techniques/>
- [89] « Recherche et développement pour la défense Canada » (2019), <https://www.canada.ca/fr/recherche-developpement-defense.html>
- [90] Gouv Québec, « Le coronavirus encourage la robotisation des soins de santé » (2020), https://www.economie.gouv.qc.ca/fr/objectifs/informer/vecteurs/vecteurs-details/?tx_ttnews%5Btt_news%5D=24598
- [91] Encyclopédie canadienne, « Robotique au Canada » (2019), <https://www.thecanadianencyclopedia.ca/fr/article/robotique>
- [92] Gouv. Québec, « Robotique et automatisation » (2018), consulté 06 juin 2020, <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/sous-secteur/biens-des-tic/robotique-et-automatisation/>
- [93] « Premier profil de l’industrie de la créativité numérique du Québec », <https://www.xnquebec.co/portrait-industrie/>
- [94] IRSST, « Analyse du potentiel d’application des textiles intelligents en santé et en sécurité au travail » (2018), <https://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-1029.pdf?v=2019-11-20>
- [95] Margarida Romero, « From computing to computational thinking: Encouraging creative approaches to problem-solving across the curriculum » (2017), <https://fr.slideshare.net/margarida.romero/20170126-bett2017romeroco-creatic>
- [96] M. Kovacs, “CIO Security Work from home AI Research Events News Videos Podcasts Blogs More Subscribe Cloud Data Centre Cloud Infrastructure Who is the top public

- cloud provider in Canada?", (2018) <https://www.itworldcanada.com/article/who-is-the-top-public-cloud-provider-in-canada/402826>
- [97] Ressources d'éducation numérique au Québec, <http://www.mavietechno.com/cartographie>
- [98] Montreal In Technology, "Community Map", <http://www.montrealintechology.com/community-map/>
- [99] Bell Mobility, "Our Network Coverage", https://www.bell.ca/Mobility/Our_network_coverage
- [100] CEFRIO, « Portrait du commerce électronique alimentaire au Québec » (2019), <https://cefrio.qc.ca/fr/realisations-et-publications/portrait-du-commerce-electronique-alimentaire-au-quebec/>
- [101] CEFRIO, « Le numérique en effervescence », (2013), https://cefrio.qc.ca/media/1262/pme_20_le-numerique-en-effervescence-mode.pdf
- [102] Hootsuite, « Digital 2019 – Essential insight into how people around the world use the internet, mobile devices, social media, and e-commerce » (2019), <https://wearesocial.com/blog/2019/01/digital-2019-global-internet-use-accelerates>
- [103] Meadowcroft, James, et al. "Social dimensions of smart grid: Regional analysis in Canada and the United States. Introduction to special issue of Renewable and Sustainable Energy Reviews." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82 (2018): 1909-1912, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117310493>
- [104] Gouv Canada, « Investir dans le Canada : Le plan d'infrastructure à long terme du Canada » (2017), <https://www.infrastructure.gc.ca/plan/icp-publication-pic-fra.html>
- [105] CANMET, « Les réseaux électriques intelligents au Canada » (2018), <https://www.rncan.gc.ca/les-reseaux-electriques-intelligents-au-canada-2018/22580>
- [106] Nunatsiaq News, "The connected territory? Nunavut still waits" (2019) <https://nunatsiaq.com/stories/article/the-connected-territory-nunavut-still-waits/>
- [107] Technocentre-tic.com, « Nos membres », <https://technocentre-tic.com/index.php/fr/membre/nos-membres>
- [108] P. Gandotra *et al.*, "Green Communication in Next Generation Cellular Networks: A Survey," in *IEEE Access*, vol. 5, pp. 11727-11758 (2017), <https://ieeexplore.ieee.org/document/7939957>
- [109] M. Levesque, « Le numérique propulse le marché publicitaire canadien », Isarta Infos (2017), <https://isarta.com/infos/le-numerique-propulse-le-marche-publicitaire-canadien/>
- [110] Raymond Chabot Grant Thornton, « Étude Économique sur L'industrie de la Communication Marketing au Québec » (2015), <https://a2c.quebec/uploads/medias/etude-economique-industrie-com-mkt-a2c-aqpfprcgt-2015.pdf>
- [111] N. Bachand *et al.*, « L'art numérique en 2016 origines, enjeux, développement et pratique artistique » (2016), <https://www.culturecdq.ca/2-general/50-l-art-numerique>
- [112] Partenariat de recherche orientée en microélectronique, photonique et télécommunications, « À propos de Prompt » (2014), <https://promptinnov.com/a-propos-de-nous/>
- [113] Rhizome, « Se saisir du numérique, un défi pour la littérature québécoise » (2020), <https://theconversation.com/se-saisir-du-numerique-un-defi-pour-la-litterature-quebecoise-126982>
- [114] « Plan culturel numérique du Québec – Musique » (2018), <http://culturenumerique.mcc.gouv.qc.ca/musique/>
- [115] Québec Numérique, « Cartographie des acteurs culturels et numériques au Québec » (2019), <https://carto.quebecnumerique.com/>

- [116] « Montréal, ville de pirates informatiques », Radio-Canada (2019), <https://ici.radio-canada.ca/premiere/emissions/le-15-18/segments/entrevue/118246/pirate-informatique-hak-mtl-hacker-documentaire-bidouilleurs>
- [117] CTIC, « Examen Annuel de l'économie Numérique » (2019), <https://www.ictc-ctic.ca/recherche-et-politique/rapport-annuel/?lang=fr>
- [118] CBRE, “2019 Scoring Canadian Tech Talent” (2019), <https://www.cbre.com/report-download?PUBID=c688e6e4-cf85-47d1-8435-9ddaa96cf781>
- [119] IT World Canada, “Tech Sector Growth Map of Canada updated for 2018 – Focus on Toronto” (2018), <https://www.itworldcanada.com/article/map-of-canadas-tech-sector-growth-for-2016/388594>
- [120] Goodmans, “Canada’s Future as a Global Leader in Technology” (2017), <https://www.goodmans.ca/files/file/docs/P1544%20Goodmans%20Technology%20White%20Paper.pdf>
- [121] UMQ, « Outil d'autodiagnostic de la ville intelligente » (2016), <https://diagnostic.umq.qc.ca/ville-intelligente>
- [122] J. Jormot, « Ville intelligente : vive le Québec smart ! », Les smartgrid (2018), <https://les-smartgrids.fr/ville-intelligente-quebec-smart-1/>
- [123] V. Artokun, “How Canada is Leading the Adoption of Smart City Technology”, Smart Cities Canada (2019), <https://products.gecurrent.com/sites/products.currentbyge.com/files/How-Canada-is-Leading-the-Adoption-of-Smart-City-Technology.pdf>
- [124] D.M. Maeng & Z. Nedovic-Budic, “Relationship between ICT and urban form in knowledge-based development: empirical analysis of Washington, DC metro region” (2010), <https://www.inderscienceonline.com/doi/abs/10.1504/IJKB.2010.032588>
- [125] Gouv. Québec, « Transporter le Québec vers la Modernité - Politique de Mobilité Durable – 2030 » (2018), https://www.transports.gouv.qc.ca/fr/ministere/role_ministere/DocumentsPMD/PMD-02-cadre-intervention.pdf
- [126] STI Canada, « Plan stratégique 2015-2019 : Le transport intelligent pour une nation intelligente, une vision et une stratégie pour les STI au Canada » (2015), https://www.itscanada.ca/files/Strategic_plan_All_FR%20Final.pdf
- [127] Gestion Agricole du Canada, « Des applications intelligentes en agriculture », <https://www.fmc-gac.com/fr/planification-strategique-et-dentreprise/des-applications-intelligentes-en-agriculture/>
- [128] J. Rioux, « L'agriculture intelligente face au climat », FAO (2016), http://www.acaq.org/wp-content/uploads/2016/03/FAO_CSA_Quebec-1.pdf, via L'association des conseillers en agroenvironnement du Québec (ACAQ)
- [129] CSA Group, “Five Take-Aways From Canada’s New Cybersecurity Strategy” (2016), <https://www.csagroup.org/article/five-take-aways-canadas-new-cybersecurity-strategy/>
- [130] Zurich Canada, “The disruptive technology of 3D printing: Could it disrupt your business risk?” (2018), https://www.zurichcanada.com/-/media/project/zwp/canada/knowledge/docs/english/manufacturing/3d_printing_whitepaper_eng.pdf?la=en-ca
- [131] Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC) Canada, “Additive Manufacturing in Canada: The Impending Talent Paradigm” (2017), <https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2017/07/ICTC-Additive-Manufacturing-ENG-Final.pdf>
- [132] Chaire de gestion du secteur de l'énergie, HEC Montréal, “État de l'énergie au Québec” (2020), <https://energie.hec.ca/eeq/>
 “Portait et pistes de réduction des émissions industrielles de gaz à effet de serre au Québec” (2019), <https://energie.hec.ca/gesindustriels-volet1/>

- [133] Energieplus-lesite.be (2019) *SmartBuilding : definition*. Disponible à <https://energieplus-lesite.be/theories/numerique-theories/smartbuilding-ou-batiment-intelligent-definition/>
- [134] Buckman, A. H., Mayfield, M., & Beck, S. B. (2014). *What is a smart building?*. Smart and Sustainable Built Environment.
- [135] <https://www.voirvert.ca/nouvelles/rubriques/les-batiments-certifies-leed-au-quebec>
- [136] Robb Tufts (2016), “LEED by the numbers: 16 years of steady growth” disponible à <https://www.usgbc.org/articles/leed-numbers-16-years-steady-growth>
- [137] Julie-Anne Chayer et al. (2019) La Réduction à la Source Des Matériaux et Résidus de Construction Guide pour la Planification et la Gérance de Chantier. https://batimentdurable.ca/fichiers/depot/ageco_ecpar_cbdcaqc_guideecogestion-avril-2019-affichageecran1.pdf
- [138] Vincent Bonneau & Tiana Ramahandry, I. a.-A. (2017, 10). *Commission Européenne*. (E. Union, Éd.)
- [139] “How Smart Buildings Save Energy” (2015), <https://www.buildings.com/article-details/articleid/19537/title/how-smart-buildings-save-energy>
- [140] Lu, Y., Wu, Z., Chang, R., & Li, Y. (2017). “Building Information Modeling (BIM) for green buildings: A critical review and future directions”. *Automation in Construction*, 83, 134-148, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S092658051730095X>

Liste des figures

Figure 1 : Domaines appartenant au secteur des communications (c.) : médias papier, radiodiffusion (analogique) et télécommunications. Les technologies de l’information (T.I.) ont un lien avec ce secteur, et celui du divertissement et média (E&M) également. Les TIC représentent les T.I. et les communications (c.). Le numérique comprend les TIC et l’E&M non-papier.	8
Figure 2 : Diagramme des relations entre les différentes innovations à court terme en TIC. Le <i>Big Data</i> permet de développer l’IA, et les chaînes de bloc, couplées à la 5G, rendent possible l’IoT, ce qui permettra de développer la ville intelligente et les <i>smart techs</i> , voire les véhicules autonomes. Le système est bouclé, car les applications finales récoltent des données qui permettent de nourrir les I.A. et les secteurs de <i>Big Data</i> (mégadonnées). ©2020 Les Shifters Montréal.	9
Figure 3: Répartition des entreprises vouées aux technologies propres au Québec (extrait de [34]).	9
Figure 4 : Multiplication des objets connectés entre 2005 et 2025. ©2020 Les Shifters Montréal.	10
Figure 5 : Pénétration continue du numérique dans tous les aspects de la vie de 2000 à 2020 (courbes à titre indicatif, non représentatives de chiffres réels). ©2020 Les Shifters Montréal.	10
Figure 6: Adoption d’un appareil TIC (ici téléphone intelligent) en fonction des générations au Québec, 2012-2019 (adapté de [16] avec des données compilées de [15, 16]).....	11
Figure 7: Pénétration de différents terminaux TIC (en % de la population québécoise), 2016-2019.). ©2020 Les Shifters Montréal, avec chiffres de [15, 16].	12

Figure 8 : (Bas) Raccordement internet de la partie sud du Québec (Nouveau-Brunswick et Nouvelle-Écosse aussi visible en bas à droite) [31]. BPI = Brancher Pour Innover, programme canadien de raccordement très haut débit (2021). Tous les points marron sont des zones d'internet à très haut débit. (Haut) Raccordement internet du nord du Québec [31] (zoom moitié et même légende que la portion du bas). Note : la majorité des zones au nord sont du pergélisol, soit gelées toute l'année. ©2020 de [31].	13
Figure 9 : Raccordement rural envisagé au Québec (2019). (Gris) zone urbaine dense. (Orange) zones rurales n'ayant aucun accès au haut débit (5Mbps ou plus) et admissibles à un raccordement. (Autre) Zones trop peu peuplées/espaces naturels. ©2019 de [30].	14
Figure 10 : (a) Fraction de la population desservie par des services réseau au Canada, par catégories. Données du CRTC, 2017 [80]. CLOSM : communautés de langue officielle en situation minoritaire. ©2020 Les Shifters Montréal. (b) Revenu du secteur de la communication au Canada en 2018, adapté de [80]. (c) Accès internet résidentiel par technologies, en % des ménages canadiens, chiffres de [80], 2018.	14
Figure 11 : Couverture du réseau mobile de données internet au Canada (Bell, représentatif de la totalité du réseau à ce niveau de détail), en 2018. Extrait de [99].	15
Figure 12: Adapté du rapport canadien "La haute vitesse pour tous" (2019) [32]. B.C. : Colombie-Britannique, SK : Saskatchewan, MB : Manitoba, NB : Nouveau-Brunswick, NE : Nouvelle-Écosse, TN : Terre-Neuve et L : Labrador. Les points d'échange internet au Canada (IXP) sont indiqués par les boîtes rouges : il y en a dans les capitales des provinces, de droite à gauche à Halifax (NE), Charlottetown (PEI), Moncton (NB), Saint John (NB), Montréal (Qc), Ottawa (ON), Toronto (ON), Winnipeg (MB), Saskatoon (SK), Edmonton et Calgary (AB), Vancouver (BC) et Iqaluit (NU), adapté du CIRA [77].	16
Figure 13: Ville ayant développé des réseaux Wi-Fi publics gratuits [16].	17
Figure 14 : Entreprises de TIC majeures dans la ville de Québec : (a) logiciels, services informatiques et mégadonnées, (b) jeux vidéos. Données de [58].	17
Figure 15: (a) Exemple de répartition géographique d'industries pouvant consommer du numérique : les PME manufacturières (% des entreprises de l'étude de [37], 2019). (b) Exemple de la région de la Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine, a priori peu encline aux TIC, mais possédant des activités liées à ce domaine sur tout son territoire [107].	18
Figure 16: Répartition des entreprises dans le secteur des TIC au Québec selon les régions administratives (2016). ©2020 Les Shifters Montréal, chiffres de [48].	18
Figure 17 : Les TIC dans le domaine de l'énergie et ressources naturelles du Canada. Extrait de [6].	19
Figure 18 : Déploiement de certaines applications dans le domaine des réseaux intelligents sur le territoire canadien, selon que le projet est pilote (1/3 de cercle), partiel (2/3 de cercle) ou étendu (cercle entier). © Canmet Canada, extrait de [105].	20
Figure 19 : Utilisation des TIC dans le domaine de l'énergie : gestion par infonuagique des réseaux intelligents, parallèlement à la ville intelligente, le M2M, l'Internet des Objets, la e-santé ou encore la e-agriculture. Adapté de [108].	21

Figure 20 : La ville intelligente selon l'UMQ (2016) : les différentes composantes (gauche), ainsi que les différents moyens de mise en œuvre (droite). Extrait de [121].	22
Figure 21 : Données générées par une ville intelligente selon Cisco : jusqu'à 0.2 exaoctet par jour, c'est-à-dire l'équivalent du trafic total du Canada en 2012. La majorité (25%) est due à la sécurité publique. © 2016 Cisco.	22
Figure 22 : Investissements dans les technologies éducatives dans le monde, les États-Unis et la Chine (US G\$), 2011-2019. Compilation d'études de WEO, de METAARI et de Brighteye Ventures. © 2020 Les Shifters Montréal.	23
Figure 23: (a) Évolution du nombre d'industries au Québec 2011-2018 [données de [13]]. (b) Nombre d'emplois dans les TIC au Québec 2008-2018 [chiffres [13]]. ©2020 Les Shifters Montréal.	25
Figure 24 : Répartition des TIC au Québec en 2016. (a) extrait de [48], (b) et (c) chiffres de [48], 2015. ©2020 Les Shifters Montréal.	26
Figure 25 : Répartition des TIC au Canada (2018). (A) Répartition des employés et des entreprises des TIC (chiffres de 2017 [72]). ©2020 Les Shifters Montréal (B) Proportion en nombre d'entreprises. (C) Proportions en PIB. Extrait de [52], 2018 Statistiques Canada.	26
Figure 26 : Exportations des TIC. (A) Localisation des revenus à l'international des entreprises de TIC au Québec en 2018 (extrait de [22]). (B) Exportation de bien des TIC (matériel) canadiennes par régions en 2018 (extrait de [52]).	27
Figure 27 : Balance commerciale des services liés aux TIC (bleu) et des autres (rouge) au Canada (2016). Extrait de [54].	27
Figure 28 : (a) L'économie numérique était le 9 ^e secteur le plus important de l'économie canadienne en 2015*. (b) Contribution au PIB des sous-secteurs de l'économie numérique. ©Statistiques Canada, extrait de [66]. *le PIB nominal par industrie n'était pas disponible en 2018 pour les périodes de référence qui suivent 2015.	28
Figure 29 : Perspectives d'intensification du numérique dans le cadre de l'usine 4.0, au Québec (2017). Extrait de [19].	28
Figure 30 : Utilisation du numérique (chiffres sur 401 PME, extrait de [37]). (Gauche) Par secteurs au sein de l'entreprise (somme de toutes les PME). (Droite) Pour la conception produits, détail en fonction du domaine de la PME.	29
Figure 31 : Densité de robotisation dans plusieurs pays, 2014-2018. Compilation d'études de [92], du CD Howe et de Statista. ©2020 Les Shifters Montréal.	29
Figure 32 : Principaux acteurs dans (a) les services infonuagiques (IaaS & PaaS, total 80 G\$), et (b) le côté matériel (<i>hardware</i>) de l'infonuagique au niveau mondial, début 2020. Extrait de [40].	30
Figure 33 : Infonuagique publique au Canada : entreprises leaders (gauche) et « acteurs majeurs » (droite), selon IDC, cité dans [96]. Visuel ©2020 Les Shifters Montréal.	30
Figure 34 : Coût de la construction d'un bâtiment intelligent en fonction de sa durée de vie (tiré de [133]).	32
Figure 35 : Les différentes communications impliquées dans la mobilité connectée. Extrait de Raposo <i>et al.</i> , 2018.	33

Figure 36 : Proportions du nombre d'entreprises de la créativité numérique dans chacun des sous-secteurs (seulement ceux considérés dans cette section), chiffres de [93]. ©2020 Les Shifters Montréal.	34
Figure 37 : Cartographie des domaines du secteur E&M et de nature artistique au sens large, susceptibles de faire appel au numérique, ainsi que leur moyen d'interaction et de développement. Adapté de [51]. © E. Quintas.	34
Figure 38 : Cartographie des acteurs clés du numérique et du milieu culturel au Québec (2019), par Québec Numérique. Des points culturels à Pointe-Parent, Harrington Harbour, Blanc-Sablon, Radisson et Fermont n'apparaissent pas sur la carte (trop lointains), mais ne contiennent aucun point numérique. Les points de regroupement mixtes culturel+numérique sont représentés par des cercles moitié vert/rouge, avec le ratio indiqué. Extrait de [115].	35
Figure 39 : Prévisions du marché de la VR et AR en revenus pour 2025. Chiffres de [74], 2016. ©2020 Les Shifters Montréal.	36
Figure 40: Principales entreprises liées aux T.I. sur Montréal. Extrait de [3].	38
Figure 41 : Carte non-exhaustive de l'écosystème de l'écosystème des entreprises du numérique à Montréal, © MontrealInTechnology [98].	38
Figure 42: Implémentation des entreprises d'IA à Montréal, 2016-2019. Extrait de [3].	39
Figure 43 : Répartition des principaux centres de données au Québec. Insert : région de la Capitale Nationale. La très grande majorité des centres sont dans l'agglomération de Montréal. Extrait de [38].	40
Figure 44 : Attrait de Montréal pour les centres de données [14, 63]. ©2020 Les Shifters Montréal.	40
Figure 45 : Les centres de données à Montréal. (Haut) Évolution de l'implémentation, données de [59]. (Bas) Autres entreprises historiquement présentes, données de [63]. ©2020 Les Shifters Montréal.	41
Figure 46 : (a) Valeur ajoutée (directe + indirecte) des centres de données à Montréal, projection 2025 avec les centres existants et le scénario le plus haut (extrait de [14]). (b) Usage des centres de données en 2016. Extrait de [63].	42
Figure 47 : 4 compagnies très impliquées dans les FinTechs à Montréal [4].	43
Figure 48: Évolution de l'implémentation des acteurs du jeu-vidéo dans le Grand Montréal, 2011-2019 [10].	44
Figure 49 : Ingénieurs logiciels au Canada : qualification VS coût. Données sur salaire moyen. Extrait de [118], © 2019 CBRE Research.	46
Figure 50 : Cartographie du secteur des « techs » au Canada (entreprises de TIC, gros revenus des techs, etc.), et zoom sur la région Montréal-Toronto. Les plus grosses concentrations en termes de revenus sont bien dans le sud-est de l'Ontario, à Vancouver, Ottawa-Gatineau et à Montréal. Extrait de [119]. © 2018 ITWorldCanada.	47
Figure 51 : (a) Pénétration d'internet en fonction des provinces. ©2016 Stat. Canada, complété avec les chiffres de 2018. (b) Répartition des points WiFi gratuits par régions, extrait de [80].	48

Figure 52: Ingénieurs logiciels en Amérique du Nord : qualification VS coût. Données sur salaire moyen, 2018. Les villes canadiennes sont biaisées par la conversion CAD vers USD. Extrait de [23].	49
Figure 53 : Localisation des centres de données <i>hyperscale</i> pour l'infonuagique (population entre parenthèses). Le Canada en détenait environ 4% fin 2018, malgré son 37M d'habitants. © Synergy Research Group 2018.	49
Figure 54 : (a) Compilation des données et prévisions de Cisco concernant le trafic internet par habitant au Canada [81]. (b) Comparaison avec la moyenne mondiale, et aux États-Unis (Cisco). ©2020 Les Shifters Montréal	50
Figure 55: Objectifs d'avenir des TIC au Québec, à réaliser d'ici 2023. ©2019 de [26].	51
Figure 56 : (a) Corrélation entre le déploiement du haut débit et la souscription à un service de VoD, par pays (Europe), tiré de [64]. (b) Corrélation entre le temps total à regarder des vidéos et la vitesse de téléchargement, par pays (2016), ©2016 Cisco [83].	52
Figure 57 : Chiffres de [84]. ©2020 Les Shifters Montréal.	53