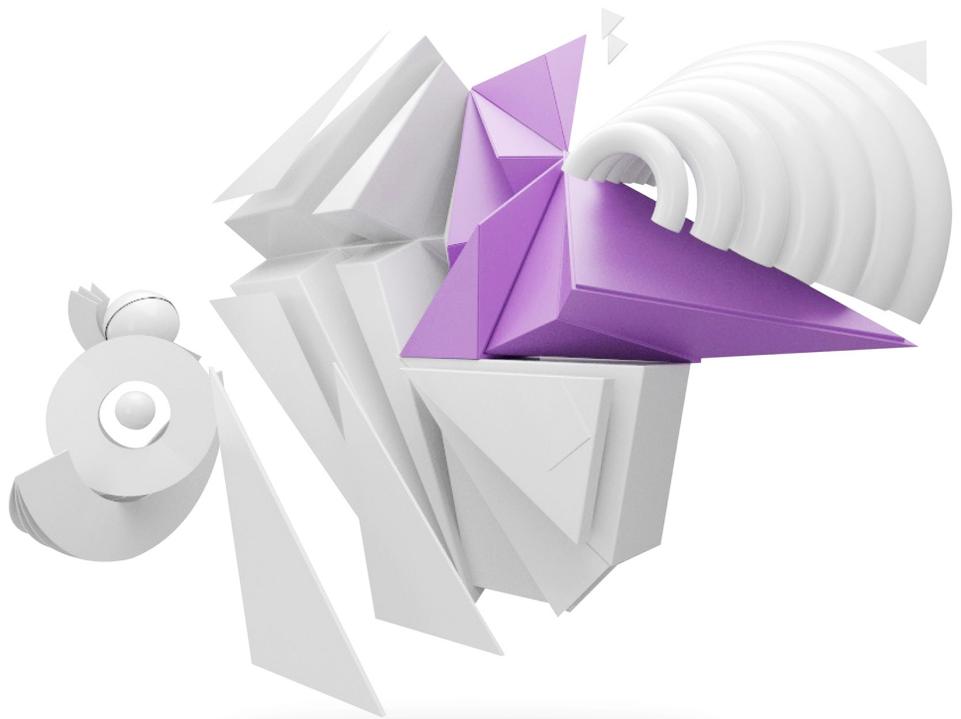


RAPPORT D'ÉVALUATION D'IMPACT DE LA STRATÉGIE PANCANADIENNE EN MATIÈRE D'IA

Octobre 2020



Copyright 2020
Accenture & CIFAR

Contributors:
Nabilah Chowdhury
Zaki Hakim
Thomas Kim
Nick A. Taylor
Tali Remennik
Steven Rogers
Elissa Strome
Jodie Wallis

Merci à nos collègues d'Accenture, CIFAR, Amii, Mila et l'Institut Vector pour leurs idées et leurs commentaires.

TABLE DES MATIÈRES

1. Résumé et principaux impacts

2. Introduction

3. Évaluation nationale

3.1 Commercialisation et adoption

3.2 Recherche et développement

3.3 Talent

3.4 Éducation

3.5 Société

3.6 IA responsable

4. Évaluation régionale

4.1 Alberta

4.2 Ontario

4.3 Québec

4.4 Colombie-Britannique

5. Références

6. Annexes

Methodologie

Questions par domaine

1.0 RÉSUMÉ

En 2017, le gouvernement du Canada a chargé le CIFAR de développer et de diriger la Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle (IA), assortie d'un octroi de 125 millions de dollars. Grâce à cette stratégie, la première stratégie nationale d'IA au monde, les centres d'IA du Canada ont évolué en un écosystème coordonné et florissant qui transforme les découvertes de la recherche en IA en applications utilisées par les secteurs public et privé. Bénéfique pour le développement de l'écosystème de l'IA au Canada, la stratégie a été lancée à un moment opportun permettant de créer une véritable impulsion. Alors que les pays du monde entier investissent dans la croissance de leurs propres écosystèmes, il est important que le Canada soutienne la prochaine étape de la stratégie. Grâce à elle, les progrès réalisés en IA contribuent à l'enrichissement de nombreuses régions du pays. Par exemple, elle est à l'origine des avantages économiques générés par la commercialisation et l'adoption de l'IA. Elle favorise les progrès en matière de connaissances et de R-D. Elle génère des emplois, attire de nouveaux talents et développe le talent par l'éducation. Elle améliore la société en encourageant les initiatives d'IA pour le bien commun et d'IA responsable. L'impact de la stratégie dans ces domaines et dans les régions canadiennes est évalué ci-dessous.

Commercialisation et adoption de l'IA : Les investissements directs étrangers dans les technologies de l'information et des communications (TIC) ont augmenté de 50 % au Canada de 2017 à 2019. Plus de 45 entreprises ont investi dans des laboratoires de recherche canadiens en IA depuis 2017. Microsoft a agrandi son laboratoire qui compte maintenant plus de 75 employés. Google DeepMind a choisi Edmonton comme premier site international. Et Thomson Reuters a investi 100 millions de dollars dans un nouveau centre technologique. Avec la présence accrue de grandes entreprises technologiques, l'écosystème de démarrage de l'IA a prospéré. En 2019, les jeunes pousses canadiennes en IA ont reçu plus de 600 millions de dollars de financement, soit 2,3 fois plus qu'en 2017. Le CIFAR et ses instituts d'IA associés, l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur, aident les entreprises partout au Canada à commercialiser des applications d'IA. Selon l'International Data Corporation (IDC), davantage d'entreprises canadiennes adopteront l'IA, et les dépenses pour des technologies basées sur l'IA augmenteront à un TCAC de 25 %.

Recherche et développement : Quatre-vingt chercheurs de premier plan ont été retenus et recrutés au Canada dans le cadre du programme de chaires en IA Canada-CIFAR. En 2019, deux Canadiens, Yoshua Bengio et Geoffrey Hinton ainsi que leur collègue Yann LeCun ont remporté le prix Turing, considéré comme le prix Nobel de l'informatique. Le Canada se classe au 4^e rang mondial de l'indice h. L'Université de l'Alberta, l'Université de Montréal et l'Université de Toronto sont citées parmi les meilleurs établissements de recherche en intelligence artificielle.

Attraction de talents et création d'emplois : La stratégie attire et retient un bassin de talents hautement qualifiés. Cela a conduit à un écosystème créateur d'emplois au Canada. De 2018 à 2019, les emplois en technologie ont augmenté de 3,6 % comparativement à 1,7 % pour l'ensemble des professions. De 2016 à 2019, le Canada a gagné 20 places pour atteindre le 4^e rang de l'indice de migration des compétences en IA, qui mesure les entrées et les sorties de talents dans 55 pays.

Éducation : Le Canada a enregistré une augmentation de 26 % des inscriptions en mathématiques, en informatique et en sciences de l'information depuis 2015-2016, comparativement à une croissance de 3 % de toutes les autres inscriptions aux études postsecondaires.

Société : Dans le cadre d'un portefeuille de programmes innovants, le CIFAR, l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur donnent la priorité à la progression de l'IA pour le bien commun en s'intéressant à des causes sociétales liées notamment à la santé, à l'éducation et à l'environnement. Le Canada se classe constamment parmi les 5 premiers pour le nombre de publications en IA sur des questions sociales et de bien-être, avec plus de 500 publications depuis 2017.

IA responsable : Le Canada et la France ont créé le Partenariat mondial sur l'IA (PMIA) qui met l'accent sur l'IA responsable. Mila et l'UdeM dirigent la consultation en ligne de l'UNESCO sur l'éthique de l'IA. L'objectif consiste à élaborer le premier instrument normatif mondial en s'appuyant sur la Déclaration de Montréal pour le développement responsable de l'IA. Le Canada continue de revoir ses exigences

réglementaires existantes et réforme la *Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques* (LPRPDE).

Évaluation régionale : La création de trois instituts d'IA (l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur) a permis d'établir un réseau de collaboration dans tout le pays et de consolider les forces des régions dans des domaines spécialisés, tout en maintenant des synergies interrégionales. Le résultat est un écosystème supérieur à la somme de ses parties.

- **Alberta :** L'Alberta se distingue pour ses recherches de premier plan sur l'apprentissage par renforcement. De 2017 à 2019, la province a triplé son nombre d'articles sur ce sujet. L'Université de l'Alberta est classée comme le meilleur établissement au monde pour les résultats de recherche en IA et en apprentissage automatique d'après CSRankings (1998 à 2019). L'Amii et la stratégie d'IA ont aidé à développer un réseau d'IA centré sur cette recherche. Le réseau a conduit à la croissance du secteur de la technologie et de l'enseignement de l'informatique dans la province.
- **Ontario :** L'Ontario et l'Institut Vecteur ont largement contribué aux collaborations de recherche avec l'industrie et à la commercialisation de l'IA. Le gouvernement provincial et le secteur privé ont investi plus de 100 millions de dollars supplémentaires en plus des fonds octroyés par la stratégie. En 2019, Toronto était la ville en Amérique du Nord où la croissance de l'emploi dans le secteur technologique était la plus rapide selon CBRE.
- **Québec :** Le Québec bénéficie d'un écosystème collaboratif à l'échelle de la province, soutenu par un financement provincial supplémentaire de 100 millions de dollars. Cela a permis à la province de faire progresser ses recherches de renommée mondiale sur l'apprentissage profond et l'apprentissage automatique.
- **Colombie-Britannique :** Une industrie de haute technologie florissante permet à la province d'enraciner son écosystème d'IA dans diverses applications technologiques. En 2019, Vancouver a connu une croissance de l'emploi dans le secteur technologique de 43 %.

1.0 PRINCIPAUX IMPACTS DE LA STRATÉGIE

Depuis 2017, la Stratégie pancanadienne en matière d'IA a eu des répercussions économiques et sociales importantes. Les centres d'IA au Canada ont évolué en un écosystème coordonné et florissant qui permet de transformer en applications les découvertes de la recherche en IA pour les secteurs public et privé.

80 des plus éminents chercheurs du monde

recrutés et retenus au Canada dans le cadre du programme de chaires en IA Canada-CIFAR.

Lauréats du Prix Turing 2018



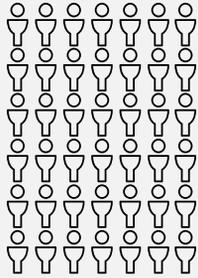
Yoshua Bengio (UdeM et Mila)

Geoffrey Hinton (UdeT et Institut Vecteur)

« Le prix Nobel de l'informatique »

Plus de 1200

stagiaires supervisés par l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur



Croissance de 50 %

des investissements directs étrangers dans les TIC

de 2017 à 2019 (basé sur les valeurs comptables totales)

Plus de 45 entreprises ont investi dans des laboratoires de recherche en IA au Canada, dont Microsoft, Google DeepMind et Thomson Reuters

2,3x plus de financement

obtenu par les jeunes pousses en IA depuis 2017



190 partenariats industriels formels établis par le CIFAR, l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur

4^e rang en 2019 pour la migration des compétences en IA

Une mesure des entrées et sorties de talents



Gain de 20 places depuis 2015

Croissance de l'emploi en technologie de 3,6 % par rapport à 1,7 % toutes professions confondues

3,6 %

1,7 %

de 2018 à 2019

3 universités canadiennes parmi les 25 meilleurs programmes d'apprentissage automatique au monde selon CSRankings



Université de Toronto



Université de l'Alberta



Université de Montréal

Croissance de 26 % des inscriptions en maths, informatique et sciences de l'information

3 % pour l'ensemble des inscriptions aux études supérieures

Toutes les inscriptions



Maths, informatique et sciences de l'information



2015-2017

PRINCIPAUX INVESTISSEMENTS DANS LES LABORATOIRES DE R-D EN 2017

Google Brain crée le premier laboratoire canadien

Facebook lance un laboratoire de recherche en IA à Montréal

DeepMind choisit Edmonton pour son premier laboratoire international

2.0 INTRODUCTION

Le Canada, où résident certains des pionniers les plus renommés de l'IA, continue à investir considérablement en intelligence artificielle, un domaine qui a le potentiel de transformer notre mode de vie et qui aura certainement une influence déterminante sur la vie sociale et économique des Canadiens.

Les récents progrès technologiques ont entraîné des avancées correspondantes dans le domaine de l'intelligence artificielle. Les innovations en matière de traitement et de stockage distribué par l'entremise des technologies de données massives permettent à l'intelligence artificielle de traiter d'énormes volumes de données pour faire des prédictions. Les infrastructures en nuage modernes permettent aux organisations d'adopter de nouvelles technologies d'IA en atténuant les barrières à l'entrée. Et les nouvelles avancées de la recherche sur l'apprentissage par renforcement et l'apprentissage profond ont soutenu de nouvelles applications de l'IA comme la génération automatique de textes en langue naturelle.

Le CIFAR encourage la recherche fondamentale de haute qualité depuis 1982. En 2017, le CIFAR a reçu 125 millions de dollars de financement fédéral pour déployer la Stratégie pancanadienne en matière d'IA. L'objectif est de renforcer les écosystèmes nationaux et régionaux, tout en assurant la croissance économique et sociale des Canadiens.

La Stratégie pancanadienne en matière d'IA du CIFAR vise à atteindre les objectifs suivants :

1. Renforcer le profil international et la visibilité du Canada dans le domaine de la recherche et de la formation en intelligence artificielle.
2. Accroître la productivité de la recherche universitaire en IA et améliorer la capacité à générer des recherches et des innovations de calibre mondial.
3. Accroître la collaboration entre les instituts d'IA et renforcer les relations avec les récepteurs de l'innovation dans tous les secteurs.
4. Attirer et retenir les talents en IA dans les universités, les entreprises et les centres de recherche en IA canadiens grâce à de multiples possibilités de formation.
5. Transformer les découvertes de la recherche en IA en applications pour les secteurs public et privé conduisant à des avantages socioéconomiques.

Le CIFAR travaille avec des partenaires (les chaires en IA Canada-CIFAR et les instituts d'IA) pour collaborer avec d'autres groupes, notamment des universités, des gouvernements, des jeunes pousses et des entreprises matures. Le but est d'assurer l'atteinte des objectifs de la stratégie.

Depuis son lancement en 2017, la Stratégie pancanadienne en matière d'IA a connu du succès à plusieurs égards. Toutefois, il reste encore beaucoup à faire. Alors que d'autres pays investissent de plus en plus dans la recherche et la commercialisation, le Canada doit continuer à exploiter ses atouts afin de pouvoir offrir de nouveaux avantages économiques et sociaux aux entreprises et aux citoyens canadiens. Ce rapport examine les succès canadiens dans ce domaine et propose des réflexions sur l'avenir.

3.1 COMMERCIALISATION ET ADOPTION PAR LE SECTEUR PRIVÉ (1/3)

Depuis le lancement de la stratégie en 2017, le Canada a enregistré une augmentation importante des investissements en IA de la part d'entreprises du monde entier.

Depuis 2017, plus de 45 entreprises ont investi dans des laboratoires de recherche en IA au Canada. Microsoft a engagé plus de 75 employés pour son laboratoire de recherche à Montréal. Thomson Reuters a investi 100 millions \$ dans son centre technologique de Toronto. Et DeepMind a choisi Edmonton pour son premier site international¹.

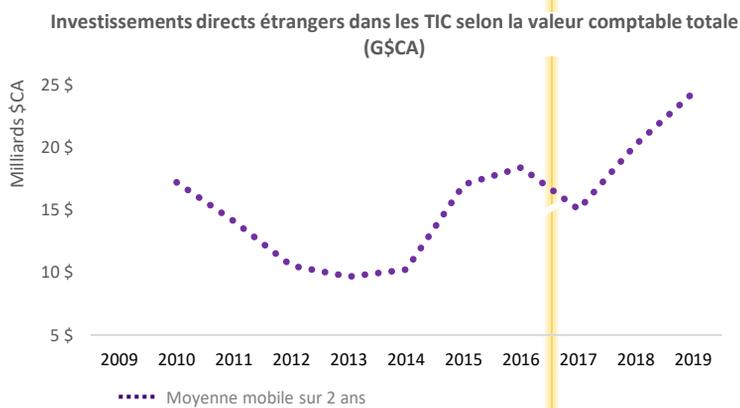
Ces investissements ont participé à la croissance de 50 % des investissements directs étrangers dans les technologies de l'information et des communications de 2017 à 2019 (basé sur la valeur comptable totale)².

À mesure que la présence des grandes entreprises technologiques s'est accrue au Canada, l'écosystème des jeunes pousses en IA s'est considérablement développé. Les investissements du CIFAR, de l'Amii, de Mila et de l'Institut Vecteur dans les talents canadiens en IA, associés à ceux de grandes entreprises technologiques, ont stimulé l'innovation. Les jeunes pousses ayant des idées d'applications d'IA novatrices ont reçu le soutien nécessaire pour réussir. En 2019, le Canada comptait plus de 620 jeunes pousses actives dans le domaine de l'IA, soit 30 % de plus que l'écosystème allemand à la même époque. Plus de 240 de ces entreprises ont reçu un financement, et plus de 50 l'ont reçu une fois passé le stade de l'amorçage³. En 2019, leur financement total a dépassé 600 millions \$, soit 2,3 fois plus qu'en 2017. Ada et Clio, deux jeunes pousses canadiennes qui ont réussi, ont respectivement obtenu 60 et 250 millions \$ de financement^{4,5}. Au deuxième trimestre 2020, les jeunes pousses d'IA avaient reçu près de 300 millions de dollars de financement. Cet écosystème a attiré et engendré certains des plus grands incubateurs et accélérateurs au monde. Par exemple, TechStars a choisi Montréal pour son accélérateur d'IA en 2018⁶. De même, NEXT Canada a développé un programme axé sur l'IA en 2017⁷. Le pays regorge d'incubateurs et d'accélérateurs réputés à l'échelle mondiale qui s'efforcent d'aider les jeunes entreprises canadiennes à réussir, par exemple, la zone DMZ de l'Université Ryerson, le Creative Destruction Lab, l'Alberta Innovation Corridor, Next AI et le MT Lab.

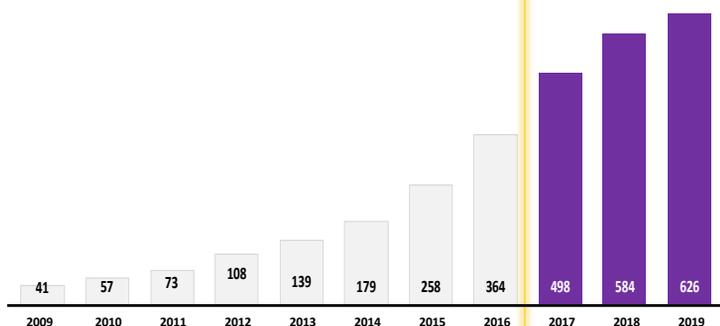
Dynamique, l'écosystème de démarrage de l'IA connaît du succès avec 34 acquisitions de jeunes pousses d'IA depuis 2017 et 11 premiers appels publics à l'épargne au cours de la dernière décennie³. Les acquéreurs canadiens tirent parti de ces acquisitions pour renforcer leurs propres capacités en IA.

L'écosystème canadien de l'IA a émergé de la mise en œuvre de la Stratégie pancanadienne en matière d'IA du CIFAR. Les jeunes pousses qui en sont issues sont essentielles pour aider les entreprises à commercialiser et à mettre à l'échelle les cas d'utilisation de l'IA.

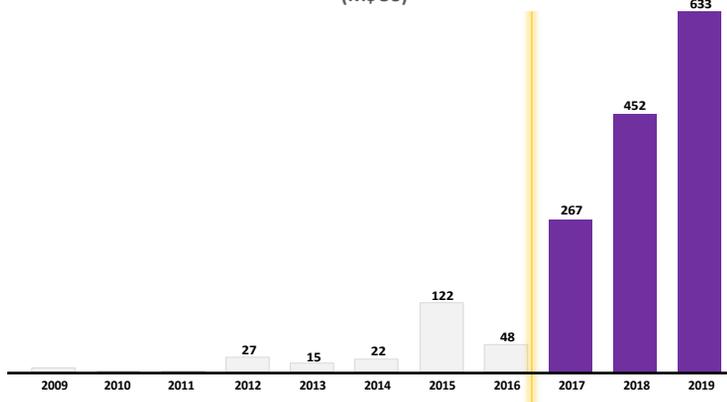
Déploiement de la Stratégie pancanadienne en matière d'IA du CIFAR



Nombre d'entreprises d'IA au Canada



Financement total des jeunes pousses d'IA canadiennes (M\$US)



Sources

Figure 1 : Statistique Canada, tableau 36-10-0009-01 ; industrie sélectionnée : TIC ; valeur comptable totale de 24,8 G\$ en 2019 et de 16,5 G\$ en 2017.

Figures 2 et 3 : CrunchBase. (Juillet 2020). *Canadian AI Startups & Funding Round Extract*.

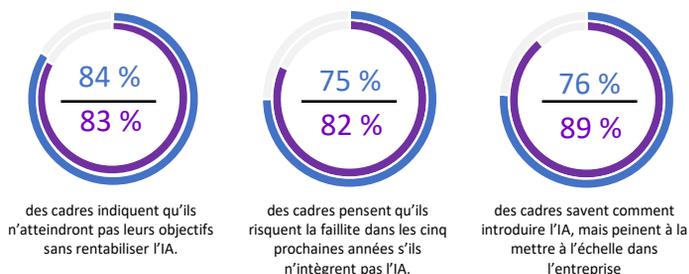
3.1 COMMERCIALISATION ET ADOPTION PAR LE SECTEUR PRIVÉ (2/3)

Les investissements en IA sont essentiels pour assurer la compétitivité des entreprises dans l'économie numérique. Les dirigeants canadiens comprennent la nécessité d'investir en IA, mais ils peinent à l'implanter dans toute l'entreprise. La maturation de l'écosystème canadien de l'IA accélère les activités de fusion et d'acquisition. Les entreprises de toutes les tailles peuvent ainsi accroître leurs capacités en matière d'IA.

Le CIFAR, l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur jouent un rôle essentiel dans le cadre des partenariats visant à mettre à l'échelle l'IA. Le CIFAR et les instituts ont développé 190 partenariats formels avec le secteur privé en 2018-2019. L'Amii, Mila et l'Institut Vecteur ont soutenu plus de 75 jeunes pousses au cours des 3 dernières années. Cela représente plus de 12 % de toutes les jeunes pousses actives en IA en 2020.

Les dépenses technologiques canadiennes en matière d'IA devraient augmenter de 25 % par an (de 2018 à 2023)², un résultat supérieur à la croissance annuelle de 21 % prévue aux États-Unis. Les entreprises renforcent leurs capacités en matière d'IA grâce à des laboratoires de R-D internes ainsi qu'à des acquisitions.

À quel point l'intégration de l'IA est-elle cruciale pour votre entreprise ?



Source : Accenture, *À quel point l'intégration de l'IA est-elle cruciale pour votre entreprise ?*³

L'écosystème de démarrage de l'IA au Canada, de plus en plus mature, a vu le nombre d'acquisitions augmenter à un taux annuel de plus de 20 % au cours des 3 dernières années⁴. Alors que les jeunes pousses d'IA évoluent en entreprises de solutions prêtes à l'emploi, les grandes et les petites entreprises ont accéléré les acquisitions au Canada.



Element AI a acquis MLDB.ai, une base de données en code source ouverte conçue pour l'apprentissage automatique⁵.



Square a acquis Dessa, société d'apprentissage automatique et d'IA, pour renforcer sa gamme de produits et maintenir ses activités en Ontario⁷.



L'acquisition de Gabbi.ai par Ben Kinney visait à réduire les tâches quotidiennes de 75 % grâce à l'IA⁸.



TD a acquis l'entreprise d'IA Layer 6 pour ses conseils personnalisés afin d'améliorer l'expérience client⁶.



Morgan Stanley a acquis Solium Capital (rebaptisée Shareworks), une entreprise de logiciels SaaS d'information financière basée à Calgary⁹.

Dans le cadre de son programme d'innovation, le gouvernement du Canada a investi 950 millions \$ dans 5 supergrappes. Celles-ci favoriseront l'adoption de la technologie et de l'IA¹⁰. Cet investissement va de pair avec la Stratégie pancanadienne en matière d'IA. La supergroupe Scale AI, l'une des cinq supergrappes, accélère l'intégration de l'IA dans tous les secteurs afin d'améliorer les chaînes d'approvisionnement. Elle travaille en partenariat avec plus de 110 organisations, dont le CN, Air Canada et Ontario Farm Fresh, pour élaborer et appliquer des solutions d'IA¹¹. Depuis 2019, la supergroupe a investi dans au moins 20 projets de transformation et a grandement contribué à l'expansion de petites et grandes entreprises¹¹.

Projets de la supergroupe Scale AI¹²

- **Moderniser les soins à domicile pour améliorer l'évolution de l'état de santé des patients** : Aide les agences de soins à domicile à préparer leur personnel à répondre aux demandes croissantes de la population vieillissante du Canada grâce à une plateforme logicielle basée sur l'IA.
- **De la ferme au marché** : Permet aux agriculteurs d'accéder à de nouveaux marchés et de réduire leurs coûts grâce à l'utilisation d'algorithmes d'IA pour repérer les groupages possibles et prévoir les dates d'expédition à l'avance.
- **Prévision de la demande et gestion des stocks en temps réel dans les commerces de détail (FIND.AI)** : Offre une solution de planification des stocks et de la chaîne d'approvisionnement conçue pour les détaillants de vêtements, de chaussures et d'accessoires (AFA). La solution assure une grande prévisibilité de la demande de produits et un meilleur contrôle de la production, des aspects d'autant plus importants que le secteur de la vente au détail est fortement touché par la pandémie.

3.1 COMMERCIALISATION ET ADOPTION PAR LE SECTEUR PRIVÉ (3/3)

Les instituts d'IA s'impliquent activement auprès des entreprises pour les aider à développer et à adopter des cas d'utilisation de l'IA, dont voici quelques exemples.

Fit the 3 texts into forms



DrugBank, la plus grande base de connaissances pharmaceutiques au monde, a été lancée en 2006. Devenue une plateforme reconnue à l'international, elle est consultée chaque année par des millions de personnes dans plus de 150 pays. Elle a été mentionnée dans plus de 7 000 publications universitaires. En 2019, l'Amii s'est associée à DrugBank pour l'aider à renforcer ses capacités internes en matière d'IA, contribuant du même coup à réduire les risques liés aux investissements de DrugBank en apprentissage automatique et en traitement du langage naturel. Toujours en 2019, DrugBank a reçu le prix Startup Canada de l'entreprise à forte croissance dans les Prairies. Au cours du premier semestre 2020, DrugBank a reçu un investissement initial de 125 000 \$ de Creative Destruction Lab-West pour continuer à se développer avec 11 nouveaux employés. DrugBank fournit des ensembles de données gratuits et non commerciaux aux chercheurs universitaires. Elle offre également une version gratuite des données de DrugBank et favorise des recherches révolutionnaires dans les domaines de la découverte de médicaments, de l'apprentissage automatique et de la reconversion de médicaments. Ces recherches ont été utilisées par de nombreuses organisations dans le monde entier, dont la Food and Drug Administration, Santé Canada, les National Institutes of Health et l'Organisation mondiale de la santé.

ROSS Intelligence est le développeur du moteur de recherche juridique ROSS fondé sur l'IA. ROSS aide les avocats à trouver des réponses aux problèmes juridiques dans la jurisprudence, les lois et les règlements. Les avocats posent leurs questions à ROSS, puis ROSS utilise des modèles de traitement du langage naturel pour analyser des millions de documents juridiques et repérer les réponses possibles. En 2017, ROSS est devenu l'un des commanditaires fondateurs de l'Institut Vecteur, qui a contribué à enrichir l'expertise interne de ROSS, lui permettant d'accélérer ses délais de commercialisation et de rester à la pointe du progrès.



Giaticon conçoit et fabrique des technologies intelligentes pour l'industrie de la construction. Ces technologies analysent les données pour surveiller les propriétés du béton et effectuer l'assurance qualité dans plus de 6 500 sites dans le monde. Giaticon souhaitait utiliser l'intelligence artificielle pour exploiter la grande quantité de données téléchargées à partir des capteurs. L'entreprise s'est associée à Mila en 2019 pour atteindre deux objectifs principaux : d'une part, déduire automatiquement le moment où le béton était coulé en utilisant uniquement les données recueillies par un capteur de température situé à proximité ; d'autre part, utiliser l'apprentissage profond pour déterminer la recette nécessitant la quantité minimale de ciment et offrant le niveau de qualité requis, car cette recette peut avoir un impact environnemental important et réduire les émissions de CO₂. Mila a aidé Giaticon à adapter ses données pour l'entraînement de réseaux neuronaux. Mila a ensuite guidé Giaticon dans le développement et l'utilisation de différents modèles. La réussite de ce projet a reposé sur le transfert de connaissances et de savoir-faire à l'équipe de Giaticon, qui a pu développer l'expertise nécessaire pour mener à bien ce projet et en entreprendre de nombreux autres.

3.2 RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

L'écosystème de l'IA rassemble des experts dans les domaines hautement spécialisés de l'intelligence artificielle, tels que l'apprentissage profond et l'apprentissage par renforcement, ce qui permet d'accélérer la R-D.

Une idée ne devient réalité que par la recherche et le développement. Pour l'intelligence artificielle, tout a commencé par l'étude de la logique mathématique avec l'espoir que les machines pourraient faire la même chose qu'un humain. L'IA a parcouru un long chemin si on considère ses inventions et percées. Le Canada a été le pionnier de la recherche et du développement de réseaux de neurones artificiels, qui sont devenus l'une des pierres angulaires de l'intelligence artificielle. **Le programme des chaires en IA Canada-CIFAR a retenu et recruté 80 chercheurs de renommée mondiale au Canada.** Cette réalisation a permis de continuer à se concentrer sur l'apprentissage profond et l'apprentissage par renforcement, tout en ayant un impact mondial, et d'accroître les recherches en apprentissage automatique. Par exemple, de nombreux diplômés de l'Université de l'Alberta ont contribué à la conception du programme AlphaGo de Google DeepMind qui met en valeur les capacités de l'apprentissage par renforcement. Ils ont aussi aidé à ouvrir à Edmonton le premier laboratoire satellite de DeepMind en dehors du Royaume-Uni^{1,2}.

La R-D en intelligence artificielle est un effort mondial auquel contribuent de nombreux pays et de grandes entreprises. Les grands pays ont publié davantage de recherches sur l'intelligence artificielle. De 1996 à 2019, la Chine a publié 160K documents, les États-Unis, près de 140K, le Japon, 48K, l'Inde, 46K, le Royaume-Uni, 42K, l'Allemagne, 35K et le Canada, 23K³.

En 2019, selon SCOPUS, le Canada a publié **2054 articles sur l'IA, et le taux de croissance annuel de ses publications demeure constant avec 4 %.** **Maintenant un indice h élevé (défini ci-dessous) de 216, le Canada se classe au 4^e rang mondial pour l'IA sur 239 pays³.**

| Sujet | Publications | Citations | Indice h |
|---|----------------------|----------------------|---------------------|
| Intelligence artificielle | 12 ^e rang | 10 ^e rang | 4 ^e rang |
| Interaction humain-machine | 8 ^e rang | 8 ^e rang | 4 ^e rang |
| Modélisation et simulation | 8 ^e rang | 9 ^e rang | 6 ^e rang |
| Vision par ordinateur et reconnaissance de formes | 11 ^e rang | 11 ^e rang | 7 ^e rang |

Classement mondial du Canada en R-D selon SCOPUS³

L'indice h est une mesure qui « quantifie à la fois la productivité scientifique en fonction des publications et l'impact scientifique applicable »⁴. Le classement mondial élevé du Canada pour son indice h est dû à de nombreuses initiatives passées et à divers acteurs clés du marché canadien. Le maintien de ce rang élevé et de l'impact qui en résulte en recherche nécessite un soutien continu du gouvernement canadien et de l'écosystème local de l'IA.

L'écosystème canadien de l'IA a facilité la collaboration dans des domaines spécialisés (p. ex., l'apprentissage profond et l'apprentissage par renforcement). Ce soutien est assuré par la Stratégie pancanadienne en matière d'IA, l'Amii, Mila, l'Institut Vecteur et les chaires en IA du CIFAR. La collaboration entre chercheurs et experts de l'industrie accélère la recherche canadienne et la rend encore plus percutante.

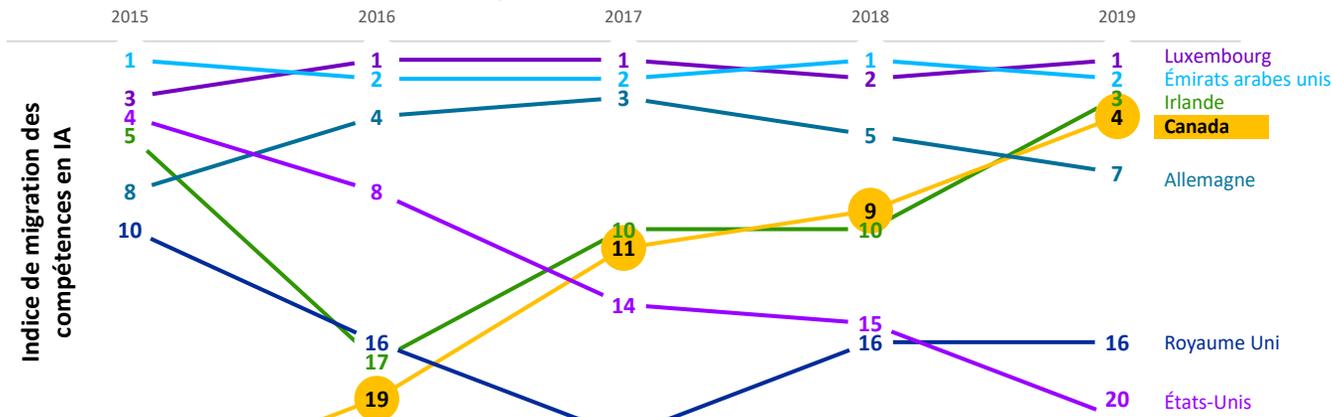
La R-D en IA au Canada est un facteur clé du succès du Canada en IA. Ce succès a conduit à la création au Canada de plusieurs laboratoires de recherche et développement par de grandes entreprises technologiques internationales telles que Facebook, Google et Samsung. Et ce succès a permis au gouvernement canadien d'investir **750 millions \$ en intelligence artificielle depuis 2016**^{5,6,7,8,9,10,11,12}. Le montant passe à plus d'un milliard de dollars si on ajoute les initiatives où l'IA n'est pas au cœur mais plutôt intégrée au projet (p. ex., la Supergrappe numérique en Colombie-Britannique et la Supergrappe de la fabrication de prochaine génération en Ontario).

En plus des publications de recherche, les brevets sont également un excellent moyen de mesurer les efforts de recherche et développement. Cependant, avec l'analyse des brevets, il faut noter qu'il y a un délai d'au moins 18 mois entre la demande et la publication du brevet.

Selon l'Office britannique de la propriété intellectuelle, qui a analysé les brevets d'IA de 1998 à 2017, le Canada **s'est classé au 7^e rang mondial en fonction du pays où résidait le demandeur ou l'inventeur**¹³. **De plus, le Canada s'est classé au 9^e rang en fonction du pays d'origine du brevet**¹³. Cela montre que de nombreux Canadiens contribuent à la propriété intellectuelle au Canada, mais également que des Canadiens développent une propriété intellectuelle en intelligence artificielle à l'extérieur du Canada.

3.3 TALENT (1/2)

Le Canada a créé et retenu un bassin de talents hautement qualifiés. Ces personnes développent sans relâche leurs recherches et leurs carrières au sein de l'écosystème canadien.



Source : OCDE.AI, indice créé par le partenariat Banque mondiale/LinkedIn, *Digital Data for Development* ¹

De 2015 à 2019, le Canada a gagné 20 places dans l'indice de migration des compétences en IA, se classant au 4^e rang parmi 55 pays¹. Le talent suit les occasions d'emploi, et l'écosystème canadien de l'IA crée des emplois et a une réputation qui attire et retient un bassin de talents hautement qualifiés. Les progrès réalisés par le Canada dans la création d'un flux de talents reposent sur deux facteurs clés :

1. **Le développement d'un écosystème et d'une marque d'IA mondialement reconnus.** Le CIFAR et les instituts d'IA ont créé une marque de renommée mondiale qui génère, retient et attire les talents au Canada.
2. **La création d'emplois technologiques par la commercialisation.** La commercialisation de la recherche canadienne génère une hausse des offres d'emploi dans le secteur technologique.

En investissant pour garder des pionniers de renommée mondiale au Canada, l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur ont développé une marque offrant des opportunités qui attirent des chercheurs de haut niveau du Canada et de l'étranger. Quatre des dix chercheurs les plus influents en matière d'apprentissage automatique dirigent un institut d'IA ou y travaillent, soit Geoffrey Hinton, Yoshua Bengio, Jimmy Ba et Aaron Courville². En 2019, l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur comptaient 1000 chercheurs actifs³. Les recherches des instituts sont reconnues mondialement. Des boursiers du CIFAR ont remporté des prix internationaux de haut niveau. Geoffrey Hinton, Yoshua Bengio et Yann LeCun sont les lauréats du prix Turing, considéré comme le prix Nobel de l'informatique. Le pays est devenu un pôle de talents en IA grâce aux efforts déployés pour garder les chercheurs au Canada.



Prix Turing 2018

Yoshua Bengio,
Geoffrey Hinton



**AI 2000 – Chercheurs
les plus influents en apprentissage
automatique 2020**

Jimmy Ba, Yoshua Bengio,
Aaron Courville, Geoffrey Hinton



**Prix du Gouverneur général
pour l'innovation 2019**

Joëlle Pineau

Le marché de l'emploi en IA au Canada continue de croître rapidement. Le Canada s'est classé 4^e parmi 50 pays selon l'indice d'embauche en IA de LinkedIn. Cet indice mesure l'augmentation des offres d'emploi en IA sur LinkedIn à l'échelle mondiale⁴. La commercialisation de l'IA a entraîné une forte demande de main-d'œuvre qualifiée dans le secteur technologique : l'emploi a augmenté de 3,6 %⁵ de 2018 à 2019 alors que la croissance de l'emploi était d'environ 1,7 %⁶ toutes professions confondues. En 2019, plus de 600 000 personnes étaient employées dans le secteur technologique au pays⁵. Le Canada a fait parler de lui en offrant des possibilités de carrière remarquables dans le domaine de l'IA. Il a créé un environnement permettant aux candidats talentueux et recherchés de faire progresser leur carrière. Et il accueille des talents internationaux hautement qualifiés grâce au permis de travail fédéral du Volet des talents mondiaux. Les demandes sont traitées dans les 10 jours ouvrables⁷. Le Canada se distingue pour avoir une main-d'œuvre ayant des compétences en IA dans toutes les professions. En 2019, le pays s'est classé au 4^e rang de l'indice de migration des compétences en IA dans 50 pays⁸. Ces tendances sont conformes à l'analyse de Real Ventures, une entreprise canadienne de capital-risque pour les entreprises en phase de préamorçage. Elle note que les occasions d'emploi pour les talents en IA ont été initialement instaurées par la loyauté de quelques pionniers. Cependant, elles sont aujourd'hui générées par des instituts qui multiplient les possibilités pour des talents de classe mondiale dans le domaine de l'IA de même que par des politiques et des infrastructures qui soutiennent l'innovation⁹.

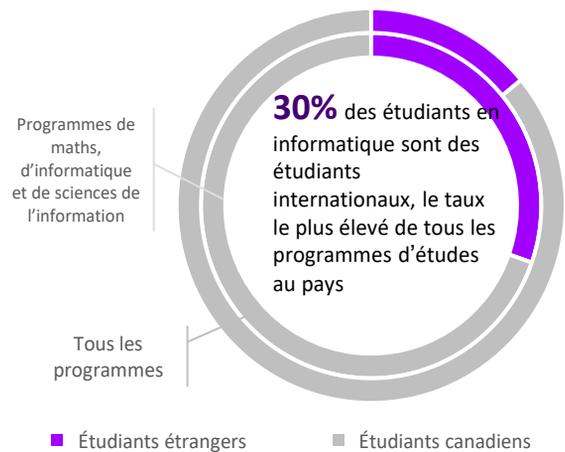
Le Système de projection des professions au Canada (SPPC) prévoit que plus de 100 000 emplois technologiques pertinents s'ajouteront d'ici 2028. À mesure que l'IA sera adoptée, la demande d'emplois technologiques devrait augmenter considérablement comparativement aux autres professions. Le SPPC prévoit qu'il y aura plus de 700 000 emplois technologiques pertinents en 2028, soit plus de 100 000 emplois en un peu plus de 10 ans. Cette croissance représente près de 8 % de la croissance de l'emploi au Canada. Toutefois, comme le SPPC prévoit une pénurie de main-d'œuvre dans le secteur technologique⁵, il est nécessaire d'attirer une main-d'œuvre technologique qualifiée de l'étranger et d'assurer la formation et la rétention de Canadiens en informatique, en mathématiques et en ingénierie.

3.4 TALENT (2/2)

À mesure que son bassin de talents en IA augmente, le Canada attire des talents du monde entier et crée un environnement propice au développement des talents. Cela apporte des perspectives diverses en IA et assure le développement de solutions complètes.

En 2017-2018, 30 % des étudiants en mathématiques, en informatique et en sciences de l'information étaient des étudiants étrangers, par rapport à 14 % dans l'ensemble des programmes. C'est le taux le plus élevé de tous les programmes d'études du pays¹. Le Canada est fier de sa diversité culturelle. C'est une force que le Canada s'efforce de faire valoir dans le domaine de l'IA. Le fait d'attirer des talents internationaux apporte des perspectives diverses en IA et assure l'élaboration de solutions inclusives. La présence d'étudiants étrangers dans les programmes d'informatique s'est accrue d'année en année, passant de 24 % en 2015-2016 à 27 % en 2016-2017, puis à 30 % en 2017-2018¹. Ces étudiants se trouvent ensuite un emploi dans le secteur technologique. Le Conseil canadien des technologies de l'information et des communications (CTIC) a déterminé que les immigrants représentaient 39 % de la main-d'œuvre employée dans le secteur des TIC au Canada au début de 2020². Le CIFAR, l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur s'efforcent activement d'attirer des étudiants étrangers. L'École d'été APAR du CIFAR vise à ce que 50 % des étudiants proviennent de l'étranger. En 2019, l'école a accueilli 300 étudiants provenant de plus de 36 pays.³

Étudiants étrangers inscrits dans des programmes de mathématiques et d'informatique, 2017-2018



Source : Statistique Canada, tableau : 37-10-0163-01

Le Canada se compare à d'autres pays en matière de diversité des genres et continue de faire des progrès dans ce domaine. Trente-deux pour cent des articles en IA sont cosignés par au moins une femme, ce qui classe le Canada au 9^e rang parmi 50 pays⁴. Les programmes canadiens de STIM et d'informatique comptent respectivement 38 % et 28 % de femmes, un ratio qui a peu augmenté au cours des trois dernières années. Si la proportion d'étudiantes est restée stable, le nombre d'étudiantes inscrites dans les STIM est passé de 165 000 en 2014-2015 à environ 190 000 en 2018-2019¹. Le CIFAR, l'Amii, l'Institut Vecteur et Mila travaillent avec des partenaires de partout au Canada sur des initiatives d'IA et des programmes de formation pour les femmes et d'autres groupes sous-représentés en IA⁵.



Programme AlbertaWomen.AI, Amii. En janvier 2020, l'Amii a lancé un programme de mentorat de six mois visant à transmettre des connaissances de base sur l'IA et à mettre en relation des pairs et des mentors de divers horizons. Le programme enseignait comment utiliser au mieux ses connaissances et ses compétences dans les carrières en IA et en technologie.

- Établissement de 188 relations
- Séances en partenariat avec Deloitte, Servus, Improbable, PwC, IBM et CGI



Inventer l'avenir : programme de bourses en IA pour les jeunes femmes de 10^e et 11^e année. Le premier programme d'enrichissement d'été du Canada a une durée de deux semaines. Il vise à apporter aux jeunes femmes une expertise en matière d'IA, à leur donner accès à une communauté et à leur fournir du mentorat. Le programme est organisé par l'Université Simon Fraser⁶.



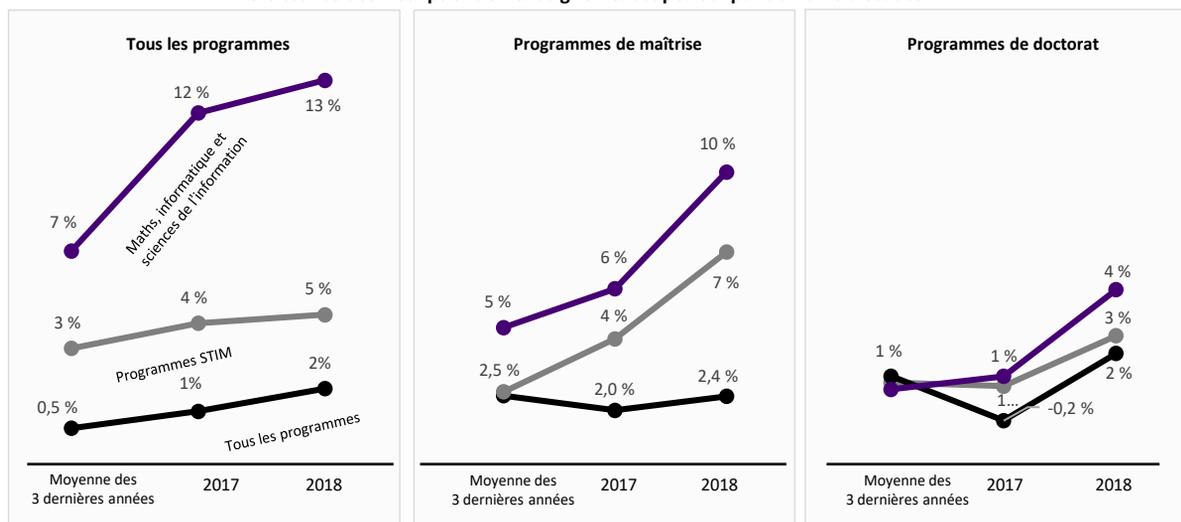
Plan d'action du CIFAR pour l'équité, la diversité et l'inclusion (EDI) : Ce plan garantit que nos valeurs organisationnelles sont intégrées à la vie quotidienne. Il vise notamment à créer des espaces inclusifs, à offrir des chances égales à tous et à donner plus de possibilités aux groupes sous-représentés. Il vise également à éliminer les préjugés inconscients de la prise de décision, à fournir de la formation et des activités de sensibilisation, et à s'engager en faveur de divers groupes⁷.

3.5 ÉDUCATION

Les investissements en enseignement de l'IA ont contribué au succès de l'IA au Canada. Notre pays est maintenant reconnu sur la scène internationale pour sa concentration de doctorats en IA, qui est plus élevée que dans la plupart des autres pays. Le pays a également enregistré une augmentation des inscriptions dans les programmes de STIM et d'informatique, soutenue par un écosystème universitaire réputé mondialement.

Le Canada a enregistré une augmentation de 26 % des inscriptions en mathématiques, en informatique et en sciences de l'information depuis 2015-2016, comparativement à une croissance de 3 % des inscriptions dans l'ensemble des programmes d'enseignement supérieur¹. La concentration accrue dans les programmes STIM et en informatique s'est accélérée depuis 2017 à tous les niveaux d'éducation, ce qui favorise l'augmentation des talents dans l'écosystème de l'IA au Canada. Le Canada est reconnu internationalement pour son expertise en matière d'apprentissage automatique et de traitement du langage naturel. De plus, sa capacité à former des étudiants de premier cycle et de maîtrise fournit les talents nécessaires aux jeunes pousses et aux entreprises canadiennes en IA. Au niveau doctoral et post-doctoral, le corps professoral de l'Amii, de Mila et de l'Institut Vecteur a supervisé plus de 1200 stagiaires en 2019.

Croissance des inscriptions en enseignement supérieur par domaine d'études



Source : Statistique Canada, tableau 37-10-0163-01

Comptant 22 % de citoyens titulaires d'un baccalauréat, d'une maîtrise ou d'un doctorat, la population du Canada est bien éduquée. Ce chiffre est légèrement supérieur à la moyenne de l'OCDE, qui est de 17 %². Le pays compte des établissements réputés qui produisent régulièrement plus de doctorats en IA par habitant que le Royaume-Uni et l'Allemagne. Cela se mesure également par le nombre d'auteurs des articles des 21 principales conférences scientifiques dans le domaine de l'IA³. Les investissements en éducation et l'accent mis sur l'enseignement de l'IA au Canada continuent de bénéficier d'une reconnaissance mondiale. **Les universités canadiennes se classent régulièrement parmi les 100 meilleures institutions informatiques du monde** selon CSRankings. Trois programmes canadiens d'apprentissage automatique se classent parmi les 25 premiers au monde du classement CS Rankings en fonction de leurs publications aux conférences ICML, KDD et NeurIPS : l'Université de Toronto au 14^e rang, l'Université de l'Alberta au 20^e, et l'Université de Montréal au 24^e⁴. Le classement nord-américain des établissements canadiens (présenté ci-dessous) se dispute avec les universités privées, dont Carnegie Mellon au 1^{er} rang, Stanford au 3^e, le MIT au 4^e, Cornell au 5^e et Columbia au 13^e (selon les publications aux conférences sur l'apprentissage automatique). Le Canada continue de se classer en tête par rapport à ses pairs des programmes publics. Mais un investissement continu dans un enseignement de niveau international aidera les établissements canadiens à concurrencer les programmes privés aux États-Unis et dans le monde.

Programmes canadiens se classant parmi les 35 premiers en Amérique du Nord selon le nombre de publications par conférence

Apprentissage automatique et exploration des données

(ICML, KDD, NeurIPS)

Université de Toronto – 7^e
 Université de l'Alberta – 17^e
 Université de Montréal – 20^e
 Université de la C.-B. – 33^e

Vision par ordinateur

(CVPR, ECCV, ICCV)

Université Simon Fraser – 9^e
 Université de Toronto – 13^e
 Université de la C.-B. – 31^e

Robotique

(ICRA, IROS, RSS)

Université McGill – 14^e
 Université de Toronto – 25^e
 Université de l'Alberta – 28^e
 Université Simon Fraser – 32^e

Source : CSRankings, 2017-2020⁵

3.6 SOCIÉTÉ

Les progrès de l'IA s'accompagnent d'une augmentation d'avantages sociaux. Alors que le Canada a adopté l'IA pour relever un large éventail de défis sociaux, le public et les professionnels sont de plus en plus sensibilisés. L'instauration d'une infrastructure ouverte permet aux individus et aux organisations de toutes tailles de participer.

Le CIFAR, l'Amii, Mila et l'Institut Vecteur privilégient l'utilisation de l'IA pour le bien commun (AI4Good) dans toutes les causes sociétales, dont la santé et l'environnement. Le Canada se classe régulièrement parmi les cinq premiers pays pour le nombre de publications en IA sur les questions sociales et de bien-être. Plus de 500 publications ont été publiées depuis 2017¹. Le CIFAR gère les activités d'IA pour le bien commun dans le cadre de son programme IA et société, un pilier clé de la stratégie. Les instituts d'IA dirigent le développement de l'IA pour les causes sociales et organisent des initiatives qui engagent les acteurs de différents domaines dans ces entreprises cruciales. Les applications sociétales de l'IA ont grandement évolué dans de nombreux domaines au Canada.

L'IA au service de la santé. Le Canada est un leader de la recherche de pointe en IA au service de la santé, se classant au 5^e rang mondial pour les articles de recherche dans le premier 1 % pour l'excellence¹. Le développement des applications d'IA au service de la santé est en pleine croissance, et le Canada doit agir rapidement et stratégiquement pour ne pas perdre son avantage. Selon un récent groupe de travail national sur l'IA au service de la santé, il reste du travail à faire pour que les bons coups de la recherche en IA soient plus largement adoptés dans les systèmes de santé au Canada².

L'IA au service de la société en éducation. Les établissements intègrent l'IA au service de la société dans la manière dont elles enseignent l'informatique. Par exemple, à l'Université de Waterloo, il existe de nombreux cours sur l'IA et la société, tels que *Implications sociales de l'informatique, Droit, éthique et politique en IA, Systèmes avec intervention humaine*³.

Recherche en IA contre la COVID-19. Le CIFAR finance 14 projets de recherche dans les instituts d'IA afin de participer à la lutte contre le virus⁷. La recherche et les applications de l'apprentissage automatique aident à trouver des traitements potentiels et à soutenir des mesures de santé publique comme la distanciation sociale. Elles permettent aussi aux experts médicaux de mieux comprendre la transmission du virus.

Programme de l'Amii : Reducing Emissions Through Machine Intelligence (REMI). Lancé en août 2020, ce programme permettra aux entreprises albertaines de tirer parti des nouvelles applications de l'IA pour avoir un impact mesurable sur la réduction des émissions en Alberta⁸. L'Amii soutiendra des entreprises de différents secteurs, dont l'agriculture et l'énergie.

Laboratoire d'été AI4Good. Ce laboratoire se concentre sur des approches innovantes de l'enseignement et de l'apprentissage de l'IA⁹. Son objectif est de s'attaquer à la diversité et à l'inclusion dans le secteur de la recherche en IA. Il vise à encourager la prochaine génération de leaders techniques à développer l'IA comme un levier pour le bien social. Fondé en partenariat par le CIFAR et la Fondation OSMO, le laboratoire d'été AI4Good réunit une cohorte de 30 femmes provenant de partout au Canada pendant 7 semaines.

Études de cas sur l'IA au service de la santé au Canada²

- **Plans de traitement pour la radiothérapie :** Ce système de planification basé sur l'IA a été développé par les chercheurs de l'UHN. Il permet de réduire considérablement le temps et les coûts nécessaires pour générer des traitements par radiation en créant un plan de traitement de haute qualité en quelques minutes.
- **Alerte précoce pour les patients susceptibles d'être transférés aux soins intensifs :** Le système utilise un modèle de risque prédictif pour formuler des recommandations médicales. Il fait appel à l'apprentissage automatique pour traiter les flux réguliers de données sur la santé et prédire quand un patient doit être transféré à l'unité des soins intensifs.

Données ouvertes : Le Canada arrive au 1^{er} rang parmi les 30 pays évalués par l'Open Data Barometer⁴. Le Canada compte plus de 84 000 ensembles de données ouvertes que les entreprises peuvent utiliser pour élaborer des solutions visant à améliorer la société⁵ (par ex., lutte contre la criminalité, santé, propriété foncière et données de recensement détaillées).

Perception de l'IA : Une étude de 2019 sur la perception de l'IA par le public dans huit pays a révélé que le rythme de développement actuel de l'IA convenait à une grande part de Canadiens, mais que les autres étaient divisés quant à l'accélération, le ralentissement ou l'arrêt du développement de l'IA⁶. La perception de l'IA est déterminée à la fois par son impact et par son utilisation responsable. Avec l'augmentation des investissements en IA, le public doit être informé sur la façon dont l'IA enrichit les aspects sociaux et voir si elle est mise en œuvre de manière responsable.

Étude sur la perception de l'IA par le public dans 8 pays⁶ En général, le développement de l'IA devrait-il... ?

| | Canada | É.-U. | Australie | France | Corée du Sud | Brésil | Nigeria | Inde |
|----------------|--------|-------|-----------|--------|--------------|--------|---------|------|
| Accélérer | 23 % | 21 % | 20 % | 36 % | 30 % | 46 % | 73 % | 75 % |
| Rester le même | 37 % | 35 % | 38 % | 28 % | 47 % | 41 % | 14 % | 16 % |
| Ralentir | 17 % | 19 % | 18 % | 15 % | 12 % | 7 % | 7 % | 5 % |
| Arrêter | 6 % | 8 % | 7 % | 7 % | 2 % | 1 % | 1 % | 1 % |
| Ne sait pas | 17 % | 18 % | 18 % | 13 % | 8 % | 5 % | 4 % | 4 % |

3.7 IA RESPONSABLE

Il est essentiel de comprendre comment le développement de l'IA tient compte des questions d'équité, de responsabilité, d'humanocentrisme, d'éthique, de transparence et de sécurité.

Le Canada est un leader mondial dans le développement de politiques responsables en matière d'IA. En juin 2018, le Canada et la France ont fondé le Partenariat mondial sur l'IA (PMIA) pendant la présidence canadienne du G7. En décembre 2018, le Canada a lancé la Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle. Et en 2020, l'UNESCO s'est associée à Mila et à Algora Lab (UdeM) pour mener une consultation mondiale en ligne sur l'éthique de l'IA. L'objectif est de créer le premier instrument normatif mondial pour régir les développements et les applications de l'IA.

L'IA est de plus en plus intégrée dans notre vie quotidienne. Pensez au correcteur automatique dans nos téléphones intelligents, aux fils d'actualité personnalisés ou encore aux agents virtuels qui ajoutent automatiquement des articles à notre panier d'achats en ligne. Comme l'IA prend de plus en plus de décisions à notre place, il est essentiel de comprendre comment ces décisions sont prises. Les questions d'équité, de responsabilité, d'humanocentrisme, d'éthique, de transparence et de sécurité sont des éléments clés de la mise en œuvre d'une IA responsable.

Déclaration de Montréal sur le développement responsable de l'intelligence artificielle¹

- Reconnu au niveau international comme l'une des initiatives les plus en vue en matière d'IA responsable².
- Ensemble de lignes directrices éthiques pour le développement de l'IA, établi par l'Université de Montréal en collaboration avec le Fonds de recherche du Québec, des citoyens, des experts, des décideurs publics, des acteurs de l'industrie, des organisations de la société civile et des ordres professionnels.
- Propose 10 principes et 8 recommandations qui défendent les intérêts fondamentaux des personnes et des groupes.

Consultation mondiale en ligne de l'UNESCO sur l'éthique de l'intelligence artificielle^{3,4}

- Élaboration de la première version de la recommandation mondiale sur l'éthique de l'IA dans le but de développer le premier instrument normatif mondial pour régir les développements et les applications de l'IA.
- Mila et Algora Lab (UdeM) prennent en charge le processus délibératif de la consultation qui comprend 60 ateliers en ligne dans 25 pays, en tirant parti de leur expérience dans l'élaboration de la Déclaration de Montréal.

Partenariat mondial sur l'intelligence artificielle (PMIA)⁵

- 1^{re} initiative mondiale réunissant 14 pays et l'Union européenne à l'instigation du Canada et de la France.
- Conçu pour guider le développement et l'utilisation responsables de l'IA, dans un esprit de respect des droits de la personne, d'inclusion, de diversité, d'innovation et de croissance économique.
- Un des deux centres d'expertise sera mis en place à Montréal.
- L'utilisation responsable de l'IA est l'un des 4 thèmes clés.

En outre, le Canada continue à mettre en place de nouvelles initiatives pour une IA responsable sur le plan national.

En 2019, le Canada a lancé le **Conseil consultatif en matière d'intelligence artificielle**, coprésidé par Yoshua Bengio (directeur scientifique, Mila, Université de Montréal) et Foteini Agrafioti (directeur scientifique, RBC). Il est également soutenu par des leaders de l'intelligence artificielle des secteurs public et privé de tout le pays. L'un des principaux objectifs du conseil consultatif est de veiller à ce que les valeurs canadiennes soient reflétées dans les progrès de l'IA⁶.

De plus, en 2019, le Canada a publié la **Charte numérique du Canada**, qui repose sur les points de vue fournis par des propriétaires de petites entreprises et de multinationales, des étudiants, des enseignants, des chercheurs, des innovateurs, des entrepreneurs et bien d'autres encore⁷. Les dix principes énoncés dans la Charte visent à rétablir la confiance des Canadiens à l'endroit du monde numérique⁸. « La Charte numérique est une approche pangouvernementale qui donnera aux Canadiens confiance envers les technologies numériques, et qui les assurera que leurs données et leur vie privée sont protégées. Elle protégera également les institutions démocratiques, et permettra aux Canadiens de profiter pleinement des nombreuses possibilités offertes par les technologies basées sur les données⁸. »

En outre, depuis 2019, le Canada continue de revoir les exigences réglementaires existantes. Il mène une réforme de la **Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques (LPRPDE)**⁹. Cette réforme vise à mettre en place une réglementation supplémentaire qui crée les conditions nécessaires à l'épanouissement de la confiance dans l'économie numérique et à protéger les droits fondamentaux des Canadiens¹⁰.

Les contributions du Canada en matière d'IA responsable sont appréciées et reconnues dans le monde entier. En continuant à mettre l'accent sur l'IA responsable, le Canada pourra améliorer sa position de leader mondial, tant au niveau national qu'international.

4.1 ALBERTA

N° 2 Classement mondial de CSRankings (1998-2019) pour l'IA et l'apprentissage automatique¹

3x plus d'articles sur l'apprentissage par renforcement de 2017 à 2019²

N° 1 Amélioration du score des technot talents dans le rapport CBRE 2019³

L'Alberta effectue des recherches de calibre mondial en apprentissage par renforcement. Elles sont dirigées par l'un des pionniers dans ce domaine, Richard Sutton. La stratégie et l'Amii ont développé un écosystème d'IA centré sur la recherche. Depuis 2017, l'Amii a attiré des investissements étrangers, amélioré les programmes d'informatique et développé le secteur technologique dans la province.

Excellence de la recherche. L'Amii compte 23 boursiers et 209 chercheurs actifs. Elle a publié 306 publications évaluées par des pairs en 2019-2020⁴. L'Université de l'Alberta est 2^e au monde pour ses résultats de recherche en IA et en apprentissage automatique selon CSRankings (1998 à 2019)¹. L'Université de l'Alberta a augmenté son nombre de publications en IA de 30 %, et ces dernières représentent près de un sixième de toutes les publications sur l'IA au Canada. L'Amii est un leader mondial dans le domaine de l'apprentissage par renforcement. Le nombre de publications de l'Université de l'Alberta a triplé dans ce domaine de 2017 à 2019. Les 51 articles publiés en 2019 représentent 26 % des articles sur l'apprentissage par renforcement au Canada².

« Autrefois connue comme une ville minière et productrice d'énergie, Edmonton est aujourd'hui l'un des principaux centres mondiaux d'une industrie résolument différente : l'apprentissage automatique. Le département d'informatique de l'Université de l'Alberta joue un rôle de premier plan dans la réputation de la ville en matière de haute technologie⁷. »
– Maclean's

Éducation. L'excellence de l'Amii en matière de recherche, ses chercheurs de renommée mondiale et plus de 49 événements en 2019-2020 qui ont accueilli 3050 participants ont contribué à attirer les étudiants dans les programmes d'IA et d'informatique de l'Alberta. Les inscriptions aux programmes de mathématiques, d'informatique et de sciences de l'information ont augmenté de 20 % de 2015-2016 à 2017-2018 alors que l'ensemble des inscriptions a augmenté de 4,5 % au cours de la même période. La reconnaissance de la recherche en Alberta a entraîné une augmentation des inscriptions d'étudiants internationaux, qui représentent un quart des étudiants des programmes d'informatique et de mathématiques de l'Alberta⁵. Le département d'informatique de l'Université de l'Alberta compte plus de 40 professeurs, et 50 % d'entre eux travaillent directement sur l'IA ou l'apprentissage automatique⁶. C'est l'un des seuls établissements canadiens qui propose un cours d'apprentissage par renforcement au niveau du baccalauréat et l'un des rares à le proposer au niveau de la maîtrise⁷. En conséquence, l'Alberta génère des talents qualifiés qui s'intègrent rapidement au marché du travail.



Boursier de recherche Sloan 2017
Mark Schmidt (UdeCB et Amii)



Prix pour l'ensemble de ses réalisations de l'Association pour l'IA au Canada 2018
Richard Sutton (UdeA et Amii)



Membres élus de l'Association pour l'avancement de l'IA
2017 Dale Schuurmans (UdeA et Amii)
2018 Kevin Leyton-Brown (UdeCB et Amii)

Talent. Le développement du secteur technologique de l'Alberta repose sur plusieurs facteurs interreliés, dont les recherches spécialisées de l'Amii, la R-D générée par cette recherche et l'augmentation du nombre d'étudiants en informatique attirés par le centre de recherche. En 2018, le secteur technologique représentait 5,5 % des emplois à Calgary (38 500 personnes) et 4,2 % des emplois à Edmonton (28 400 personnes). Selon le rapport 2019 du CBRE sur les technot talents canadiens, Edmonton a connu la plus forte augmentation de tous les marchés au Canada de 2018 à 2019³.

Mars 2017
IBM et l'incubateur District Ventures lancent leur espace d'innovation à Calgary.

Avril 2018
ATB Financial s'associe à l'UdeA pour la recherche en IA et AA.

Avril 2019
Edmonton accueille le sommet SingularityU Canada.

Novembre 2019
Banque Scotia lance une initiative de recherche en IA avec l'UdeA

Juillet 2020
Drivewayze reçoit de 60 millions \$ pour mettre à l'échelle sa plateforme de camions connectée.

| 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|---|---|--|---|
| <p>Juillet 2017 DeepMind choisit Edmonton pour établir son premier laboratoire international.</p> | <p>Novembre 2018 L'UdeA reçoit 2,5 millions de dollars pour un centre de superinformatique en IA.</p> | <p>Mai 2019 FunnelAI, soutenu par l'Amii, obtient un financement d'amorçage.</p> | <p>Mai 2020 MEDO.ai, basée à Edmonton, lance un projet pilote de plateforme d'échographie 3D assistée par l'IA.</p> |

Connexion avec l'industrie. L'Amii s'associe à des entreprises pour découvrir et commercialiser des applications d'IA. Elle a développé 49 partenariats industriels formels, notamment avec Imperial Oil et Climate Corp. L'institut a attiré 21 millions \$ de financement industriel⁴. DeepMind (Google), RBC et Mitsubishi Electric ont ouvert de nouveaux laboratoires de recherche à Edmonton pour s'associer aux chercheurs de l'Amii. En outre, Google Brain, Google Research, Microsoft Research, IBM Research et Volkswagen Data Lab mènent des recherches collaboratives par l'intermédiaire de l'Amii⁶. L'Alberta dispose d'un écosystème de démarrage florissant qui favorise l'adoption de technologies. De jeunes pousses comme AltaML poursuivent la commercialisation de l'IA. Startup Genome évalue l'écosystème de démarrage de Calgary à 1,2 milliard \$⁸. Cet écosystème est soutenu par une communauté d'innovation dynamique composée d'accélérateurs et d'incubateurs tels que Creative Destruction Lab Rockies, Alberta Innovation Corridor, Startup Edmonton et Platform Calgary. L'Amii est un élément clé de la croissance de cet écosystème. Les anciens de l'Amii ont reçu plus de 330 millions \$ en capital-risque au Canada. Les entreprises affiliées à l'Amii et basées en Alberta ont reçu plus de 110 millions \$⁴.

AltaML, une jeune pousse fondée à Edmonton, conçoit, développe et commercialise des logiciels faisant appel à l'apprentissage automatique. Dirigée par Cory Janssen, un ancien élève de l'Université de l'Alberta, AltaML sert de pont entre la recherche universitaire de pointe et la commercialisation dans l'industrie⁹. L'entreprise, qui s'est également établie à Calgary et à Toronto, a reçu 32,5 millions \$ de financement de l'Opportunity Calgary Investment Fund.

DeepMind ouvre le premier laboratoire international à Edmonton (2017) en étroite collaboration avec l'Université de l'Alberta. Il est dirigé par Richard Sutton, Michael Bowling et Patrick Pilarski de l'Amii. Cette collaboration vise à stimuler la croissance d'Edmonton en tant que centre de technologie et de recherche¹⁰.

4.2 ONTARIO

N° 1 pour la création d'emplois technologiques en Amérique du Nord (Toronto)¹

50 % des étudiants en maths, informatique et sc. de l'information du pays sont inscrits en Ontario²

L'écosystème de démarrage de l'Ontario a une valeur de **plus de 17 milliards \$US**³

L'Ontario a le PIB le plus élevé de toutes les provinces. Il est également l'un des principaux leaders de la commercialisation et de la recherche en IA. Depuis l'investissement de la Stratégie pancanadienne en matière d'IA, le **gouvernement de l'Ontario a investi 60 millions \$ supplémentaires et le secteur privé, 45 millions \$**. Soutenu par le CIFAR et l'Institut Vecteur, l'écosystème de l'IA génère une forte valeur économique et sociale en Ontario et a fortement contribué à la croissance des emplois dans le secteur technologique, à l'écosystème de démarrage et aux collaborations en matière de recherche.

De nombreuses organisations en Ontario ont adopté et commercialisé l'IA au cours des dernières années. Par exemple, le Groupe Banque TD a acquis et intégré Layer 6, une jeune pousse en IA, en 2018. La même année, le gouvernement s'est engagé à créer la Supergrappe de la fabrication de prochaine génération au sein de laquelle l'IA sera largement adoptée. En 2020, Deep Genomics s'est fortement concentrée sur l'IA et a recueilli 40 millions de dollars dans le cadre d'un financement de série B. Shopify a enregistré une augmentation exceptionnelle de ses parts de marché grâce à sa plateforme numérique intégrant l'IA⁴.

L'essor de l'IA contribue à la croissance économique. En 2018, Statistique Canada a estimé qu'il y avait plus de 370 000 emplois technologiques en Ontario⁵. En 2019, **Toronto a été désignée comme la ville où la croissance des emplois technologiques était la plus rapide en Amérique du Nord et elle s'est hissée au troisième rang du classement des technocrates**^{1,6}.

L'écosystème de démarrage ontarien est évalué à plus de 17 milliards \$US³ et a eu des répercussions importantes sur le secteur de l'IA. Surgical Safety Technologies a été désignée comme l'une des meilleures inventions de 2019 par le magazine *Time*⁷. Huit jeunes pousses canadiennes figurent dans le palmarès mondial AI100 de CB Insights⁸. De plus, l'Institut Vecteur a joué un rôle clé dans le développement de partenariats avec le secteur privé. Il compte aujourd'hui 47 commanditaires industriels qui représentent une grande part des entreprises et des jeunes pousses émergentes les plus importantes et les plus prospères du Canada.

« En ce qui concerne les talents en IA, Waterloo, et l'Ontario en général, sont assez exceptionnels... La durée de vie que nous obtenons avec, disons, un million de dollars est de 40 à 50 % plus élevée que celle d'une entreprise établie à San Francisco. Sur le plan économique, c'est un réel avantage.⁹ » – Darwin IA

| 2018 | 2019 | 2020 |
|---|--|--|
| Janvier 2018 Baque TD acquiert Layer 6, une jeune pousse en IA basée à Toronto. | Mai 2019 La conférence Collision accueille plus de 25 000 participants à Toronto. | Janvier 2019 Mindbridge AI recueille 29,6 millions \$ dans le cadre d'un financement de série B. |
| Avril 2018 Lancement de l'Institut d'intelligence artificielle de Waterloo (Waterloo.ai). | Mai 2019 Ottawa ouvre officiellement la piste d'essai L5 pour les véhicules autonomes. | Février 2020 Square acquiert Dessa, qui conçoit des applications basées sur l'apprentissage auto. |
| | | Juillet 2020 Le cours de l'action de Shopify atteint 1000 \$, une croissance de 96 % par rapport à l'année précédente. |
| | Janvier 2020 Deep Genomics recueille 40 millions \$ dans le cadre d'un financement de série B. | Mars 2020 Ada recueille 63,7 millions \$ dans le cadre d'un financement de série B. |

L'Ontario a également enregistré une forte augmentation des inscriptions dans les programmes de mathématiques, d'informatique et de sciences de l'information avec un taux de croissance annuel de 12 %. Elle compte plus de 50 % des étudiants en mathématiques, informatique et sciences de l'information du pays². En outre, 50 000 des 230 000 étudiants de l'Ontario sont inscrits à des programmes STIM.² L'Ontario compte sept boursiers élus au prestigieux programme de l'Association pour l'avancement de l'IA (AAA). L'Institut Vecteur et l'Université de Toronto sont largement reconnus pour la qualité de leurs chercheurs. Ils sont à juste titre considérés comme des leaders mondiaux dans le domaine de l'apprentissage profond et de l'apprentissage automatique (voir la section sur les prix à droite). En outre, l'Université de Toronto et l'Université de Waterloo sont classées respectivement n° 1 et n° 3 pour leurs programmes d'informatique au Canada¹⁰.

Prix Turing 2018



Geoffrey Hinton (UdeT, Institut Vecteur et Google)

AI 2000 – Chercheurs les plus influents en apprentissage automatique 2020



Geoffrey Hinton (UdeT, Institut Vecteur et Google)
Jimmy Ba (UdeT et Institut Vecteur)
Richard Zemel (UdeT et Institut Vecteur)
Jamie Ryan Kiros (Ude T)
Roger Grosse (Ude T et Institut Vecteur)
Alex Graves (UdeT)



Robotics: Science and Systems Foundation

Prix Early-Career Spotlight 2019
Angela Schoellig (UdeT et Institut Vecteur)

Écosystème de démarrage en Ontario. Une communauté bien soutenue, composée du gouvernement, d'universités, d'incubateurs/accélérateurs et de sociétés de capital-risque. Par exemple, Velocity de l'Université de Waterloo, MaRS et Highline Beta sont des accélérateurs, et OMERS et Georgian Partners sont des sociétés de capital-risque.

Shopify devient la plus grande entreprise publique du Canada.

Avec son ascension fulgurante en 2020, Shopify a supplanté la RBC en devenant la plus grande société publique au Canada. Elle a presque doublé ses revenus au deuxième trimestre de 2020.

4.3 QUÉBEC

N°1 au monde pour la recherche en intelligence artificielle (UdeM)¹

UdeM et McGill parmi les 5 premiers programmes d'informatique au Canada²

Montréal élue meilleure ville pour investir en IA³

Le Québec, qui abrite les écosystèmes d'IA de Montréal et de Québec, a orienté la recherche mondiale en apprentissage profond et en apprentissage automatique⁴. Certains pensent que « l'atmosphère de camaraderie et la conviction que le progrès scientifique doit être partagé par tous » qui caractérisent Montréal ont fait de la province un foyer de recherche spécialisée⁵. Mais c'est le soutien, l'appui financier et le développement de l'écosystème de l'IA qui ont contribué à attirer des talents dans les universités et les entreprises. Cette convergence de talents, d'occasions et d'investissements dans la province est menée par certains des meilleurs chercheurs en IA au monde.

L'investissement de la Stratégie pancanadienne en matière d'IA dans Mila, l'institut d'IA du Québec, et les investissements du gouvernement du Québec ont catalysé un écosystème interprovincial qui compte 450 chercheurs spécialisés en apprentissage automatique et a pour mission de devenir un pôle mondial des avancées scientifiques. Mila développe une expertise mondialement reconnue en IA au service de la santé, en apprentissage profond et en apprentissage par renforcement ainsi qu'en IA responsable. La communauté, qui est connue pour ses échanges de personnes et d'idées entre les secteurs public et privé, comprend le plus grand nombre de chercheurs qui travaillent dans des entreprises du secteur privé, comme Joëlle Pineau de Facebook, Simon Lacoste-Julien de Samsung et Doina Precup de DeepMind.

Les universités spécialisées en IA au Québec, soit l'Université de Montréal et l'Université McGill, ainsi que Mila attirent les meilleurs talents postdoctoraux et doctoraux du monde entier. Les deux universités développent une recherche équilibrée. Ensemble, elles ont publié plus de 600 articles sur l'IA en 2019, une augmentation de 40 % par rapport aux deux années précédentes⁶. **L'Université de Montréal a acquis un prestige notable grâce à ses publications, se classant au 1^{er} rang en IA, au 2^e rang en apprentissage par renforcement et au 3^e rang en apprentissage profond⁶.**

**Prix Turing
2018**
Yoshua Bengio (UdeM et Mila)

**AI 2000 – Chercheurs les plus influents en apprentissage automatique
2020**
*Yoshua Bengio (UdeM et Mila)
Aaron Courville (UdeM et Mila)
Sherjil Ozair (Mila)
Dzmitry Bahdanau (UdeM)
Hugo Larochelle (Mila)*

**Prix du gouverneur général pour l'innovation
2019**
*Joëlle Pineau
(Université McGill et Mila)*

**« La principale différence entre Montréal et de nombreux autres pôles technologiques est son atmosphère de camaraderie et la conviction que le progrès scientifique devrait être pour tout le monde. » –
Real Ventures**

La réputation de la communauté universitaire et de recherche attire des investissements importants des entreprises, qui établissent des laboratoires de R-D dans la province pour avoir accès aux talents québécois. Depuis avril 2017, les investissements dans 18 laboratoires de R-D ont entraîné une croissance substantielle de l'IA⁷, plus particulièrement en ce qui a trait à la commercialisation de la recherche et à l'embauche de talents. Parmi les investissements notables, on peut mentionner :

Avril 2017

IBM ouvre un laboratoire d'IA à Montréal pour mieux collaborer avec Mila.

Octobre 2017

DeepMind ouvre un laboratoire dans le Grand Montréal et mise sur une communauté de recherche forte.

Janvier 2018

Microsoft agrandit son laboratoire de recherche de Montréal et double son personnel (75).

Octobre 2018

BIOS ouvre un centre d'IA à Montréal.

Mai 2019

Samsung Electronics s'agrandit pour stimuler la recherche sur les semi-conducteurs de nouvelle génération.

2017

Septembre 2017

Facebook ouvre un laboratoire d'IA (FAIR) à Montréal.

2018

Novembre 2017

L'Institut Borealis AI de RBC ouvre un nouveau laboratoire d'IA à Montréal.

Septembre 2018

Varian Medical Systems crée un centre d'innovation dans le Grand Montréal et triple son effectif (60).

2019

Décembre 2018

WinningMinds ouvre un centre d'IA à Montréal.

Ces investissements ont permis de renforcer l'écosystème des entreprises québécoises en démarrage. Sa valeur est maintenant estimée à plus de 9 milliards \$. Montréal, classée au 5^e rang pour les talents les plus abordables en Amérique du Nord, est considérée comme la meilleure ville d'Amérique pour les étudiants⁸. La ville de Québec, classée parmi les 10 meilleures villes où « on en a pour son argent », a vu les investissements en capital-risque augmenter de 133 % entre 2017 et 2018⁹. Les deux écosystèmes, connus pour leurs atouts en IA, données massives, analytique et sciences de la vie, obtiennent des investissements continus, notamment par l'intermédiaire de SCALE AI, des 7 accélérateurs en IA de Montréal, des 9 centres de recherche et des jeunes pousses locales telles que Element AI, Stradigi.ai et Dialogue, qui ont recueilli plus de 450 millions de dollars⁸.

ELEMENT AI Basée à Montréal, avec des bureaux à Toronto, Londres, Séoul et Singapour, Element AI est une entreprise spécialisée en IA. Elle offre aux organisations un accès inégalé à des technologies de pointe par le biais d'offres de services. Considérée comme une « licorne émergente »¹⁰, Element AI a recueilli plus de 250 millions de dollars auprès de plus de 17 investisseurs. Ce soutien en a fait la « plus grande jeune pousse en IA de série A au monde »¹¹.

SCALE AI La supergrappe d'IA au Canada est basée à Montréal et se concentre sur l'intégration de l'IA dans l'industrie. En plus d'identifier les projets de collaboration intersectorielle, elle fournit du financement et des conseils d'experts. Soutenue par un financement fédéral de 230 millions \$ et de 53 millions \$ du gouvernement du Québec, Scale AI vise à ajouter 16,5 milliards \$ au PIB canadien et à créer 16 000 emplois.

4.4 COLOMBIE-BRITANNIQUE (C.-B.)

Parmi les 25 meilleurs écosystèmes de démarrage au monde¹

Croissance de l'emploi de 43 % dans le secteur des technologies à Vancouver²

N° 1 en vision par ordinateur au Canada selon CSRankings (Université Simon Fraser)³

La Colombie-Britannique possède une industrie de haute technologie florissante. Cela permet à la province de développer un écosystème d'IA qui est intégré à diverses applications technologiques. Par exemple, la spécialisation de la Colombie-Britannique en recherche sur la vision par ordinateur propulse les technologies de jeu interactif et de réalité virtuelle ainsi que les industries de l'animation et du cinéma.

Excellence de la recherche. La Colombie-Britannique abrite l'une des plus anciennes grappes de jeux vidéo d'Amérique du Nord⁴, ce qui en fait une terre de prédilection pour les avancées dans le domaine de la vision par ordinateur. La Colombie-Britannique compte des universités qui font avancer la recherche en IA, notamment l'Université de la Colombie-Britannique (UBC) et l'Université Simon Fraser (SFU). La CAIDA est le principal organisme de recherche en IA de l'UBC. Elle compte plus de 100 professeurs et associés de recherche⁵. L'UBC a produit 17 % des publications canadiennes en IA en 2019, soit 404 publications⁶. L'Université Simon Fraser arrive au 1^{er} rang en vision par ordinateur au Canada dans le classement CSRankings (2010 à 2020) et au 11^e aux États-Unis et au Canada³.

Talent. L'emploi dans le secteur technologique à Vancouver a augmenté de près de 43 % de 2013 à 2018, comparativement à 16 % à Victoria. Ensemble, les villes emploient environ 85 000 personnes dans le secteur technologique². Cette croissance du secteur technologique est répartie dans toute une série de domaines de haute technologie qui utilisent l'IA.

Éducation. *Maclean's* classe le programme d'informatique de l'UBC au deuxième rang des programmes d'informatique du pays⁸. La province a enregistré une croissance de 20 % des inscriptions en mathématiques, en informatique et en sciences de l'information de 2016-2017 à 2018-2019, comparativement à 5 % dans l'ensemble des programmes. Les programmes d'informatique et de mathématiques de la Colombie-Britannique attirent les talents du monde entier. **En effet, 40 % des étudiants inscrits en mathématiques, en informatique et en sciences de l'information en Colombie-Britannique proviennent de l'étranger. C'est le taux le plus élevé de tous les domaines d'études de la province⁸.**

Progrès en matière de diversité des sexes. Selon Trade and Invest B.C., l'industrie de l'IA de Vancouver attire de nombreuses ingénieures et dirigeantes d'entreprise. La section municipale de Women Who Code, une organisation mondiale à but non lucratif qui soutient les femmes dans le domaine de la technologie, compte plus de 1 600 membres. En 2017-2018, 40 % des inscriptions aux programmes de STIM en Colombie-Britannique étaient des femmes. C'est le taux le plus élevé de la province et cette proportion a augmenté régulièrement au cours des trois dernières années⁸.

Le programme Athena Pathways pour les femmes. Pour combler le manque de talents, le réseau d'IA de la Colombie-Britannique (AIInBC), en collaboration avec quelques partenaires clés, dirige le programme Athena Pathways qui aidera 500 femmes à accéder à des carrières en IA et en science des données¹⁵.



Commercialisation : l'une des forces de la Colombie-Britannique est la commercialisation de l'IA via des applications technologiques

Startup Genome évalué à 10 milliards \$ l'écosystème de démarrage de Vancouver et le classe au 24^e rang des meilleurs écosystèmes de démarrage au monde¹. Dans cet écosystème en plein essor, la Colombie-Britannique compte plus de 140 jeunes pousses en IA et en apprentissage automatique, et plus de 20 en vision par ordinateur¹⁰. En 2019, Vancouver a atteint son plus haut niveau de financement en 6 ans pour l'ensemble des jeunes pousses avec 924 millions \$ recueillis¹¹. Ces jeunes pousses proposent des applications avancées d'IA intégrées à des jeux, à la RA/RV, aux technologies propres et à d'autres secteurs de haute technologie. Ces applications sont ensuite adoptées avec l'aide d'organisations telles que la **Supergrappe de technologie numérique, qui vise à positionner le Canada comme un leader mondial dans le domaine de la technologie numérique. Cet objectif sera atteint en exploitant le potentiel des données à l'ère de l'entreprise intelligente.** La supergrappe, qui a obtenu des engagements d'investissement de plus de 360 millions de dollars, est l'un des catalyseurs de l'adoption de l'IA en Colombie-Britannique et dans tout le pays¹². Le réseau d'intelligence artificielle de Colombie-Britannique (AIInBC) est une autre organisation clé qui aide à réunir les entreprises et les leaders universitaires afin de favoriser l'adoption de l'IA et de l'apprentissage automatique tout en soutenant les communautés dans ces domaines¹³.

L'écosystème de la Colombie-Britannique attire les entreprises multinationales. Par exemple, Fujitsu a ouvert son siège social mondial d'IA à Vancouver en 2019. Borealis AI, l'institut de recherche de la RBC, a étendu son réseau de laboratoires canadiens jusqu'à Vancouver en 2019. Axé sur la vision par ordinateur, le nouveau centre de recherche vise à faire progresser les applications destinées aux services financiers¹⁴. En Colombie-Britannique, les applications d'IA sont intégrées à tous les secteurs de haute technologie. C'est là que réside la force de l'écosystème de l'IA.

Le nouveau siège social mondial pour l'IA de Fujitsu ouvre à Vancouver (2019). La multinationale informatique basée à Tokyo a choisi Vancouver comme siège social. Elle souhaitait notamment travailler en collaboration avec diverses organisations et entreprises ainsi qu'avec l'écosystème riche et diversifié des jeunes pousses¹⁶.

5.0 RÉFÉRENCES (1/9)

Vous trouverez ci-dessous une liste des recherches secondaires utilisées dans ce rapport. Chaque section contient une liste numérique qui correspond aux références de la section.



COMMERCIALISATION ET ADOPTION (1/3)

1. Institut Vecteur (2019). *Research – AI and technology-related investments in Canada: as of Nov. 2019*.
2. Statistique Canada (2019). Tableau : 36-10-0009-01 Bilan des investissements internationaux, investissements directs canadiens à l'étranger et investissements directs étrangers au Canada, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN) et la région, annuel (x 1 000 000). <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3610000901>
 - Filtres : TIC (industrie sélectionnée), « Investissements directs étrangers au Canada », valeur comptable de 24,8 G\$ en 2019 et de 16,5 G\$ en 2017
3. CrunchBase (juillet 2020). *Canadian AI Startups & Funding Round Extract*.
4. Kirkwood, I. (19 mars 2020). *AI Platform Developer Ada Support Raises \$63.7 Million Cad Series B*. Betakit. <https://betakit.com/ai-platform-developer-ada-support-raises-63-7-million-cad-series-b/>
5. Azevedo, M. (4 septembre 2019). *Canadian Startup Clio Raises \$250M For Legal Tech As Vertical SaaS Continues To Perform*. Crunchbase. <https://news.crunchbase.com/news/canadian-startup-clio-raises-250m-for-legal-tech-as-vertical-saas-continues-to-perform/>
6. Watson, A. (6 décembre 2018). *TechStars Hosts First AI Demo Day In Montreal*. Betakit. <https://betakit.com/techstars-hosts-first-ai-demo-day-in-montreal/>
7. NEXT Canada (21 février 2017). *NEXT AI Launch 2017*. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=fJlZi2UCwc4>



COMMERCIALISATION ET ADOPTION (2/3)

1. CIFAR. (2019). *Recherche – Nombre de partenariats officiels entre le CIFAR et l'industrie*.
2. IDC. (8 juin 2020). *Worldwide Black Book: 3rd Platform Edition*.
3. Accenture. (Novembre 2019). *IA : Intégration à grande échelle. De nouveaux sommets de compétitivité*. https://www.accenture.com/ca-fr/insights/artificial-intelligence/ai-investments?c=acn_ca_artificialintelgoogle_11081637&n=psgs_1119&gclid=EAlaIqobChMI0svk-JDm6gIVGcDICH0nfQr4EAAYASAAEgLnVd_BwE&gclid=aw.ds
4. CrunchBase. (Juillet 2020). *Canadian AI Startups & Funding Round Extract*.
5. Galang, J. (Février 2017). *Element AI Acquires MLDB.AI Open Source Machine Learning Database*. Betakit. <https://betakit.com/ai-and-iot-startup-mnubo-acquired-by-aspen-technology-for-102-million-cad/>
6. Groupe Banque TD. (Janvier 2018). *Le Groupe Banque TD fait l'acquisition de Layer 6, un innovateur de l'intelligence artificielle*. <http://td.fr.mediaroom.com/2018-01-09-Le-Groupe-Banque-TD-fait-l'acquisition-de-Layer-6-un-innovateur-de-l'intelligence-artificielle>
7. Simpson, M. (Février 2020). *Toronto Machine Learning Startup Dessa Acquired by Square*. Betakit. <https://betakit.com/toronto-machine-learning-startup-dessa-acquired-by-square/>
8. Morgan Stanley. (Mai 2019). *Morgan Stanley completes acquisition of Solium, creating a leading provider of stock plan administration and financial solutions for the workplace*. <https://www.shareworks.com/2019/05/01/morgan-stanley-completes-acquisition-of-solium/>
9. Ben Kinney Companies. (Février 2019). *Ben Kinney Companies scoops up 2 real estate tech businesses*. Inman. <https://www.inman.com/2019/02/15/ben-kinney-companies-scoops-up-2-real-estate-tech-businesses/>
10. Gouvernement du Canada. (15 février 2018). *Les nouvelles supergrappes d'innovation devraient générer des dizaines de milliers d'emplois pour la classe moyenne*. https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2018/02/les_nouvelles_supergrappesdinnovationdevraientgenererdesdizaines.html
11. Gouvernement du Canada. (2020). *Supergrappe des chaînes d'approvisionnement axées sur l'IA (Scale AI)*. <https://www.ic.gc.ca/eic/site/093.nsf/fra/00009.html>
12. Scale AI. (2020). *Les projets dans lesquels nous investissons*. <https://www.scaleai.ca/fr/projets-scaleai/nos-investissements/>

5.0 RÉFÉRENCES (2/9)

Vous trouverez ci-dessous une liste des recherches secondaires utilisées dans ce rapport. Chaque section contient une liste numérique qui correspond aux références de la section.



RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

1. Université de l'Alberta. (2017). *UAlberta-spawned AlphaGo program takes on world's top player*
<https://www.ualberta.ca/science/news/2017/may/alphago-time.html>
2. Université de l'Alberta. (2017). *DeepMind is ready and set to GO*
<https://www.ualberta.ca/science/about-us/contours/2017-fall-contours/2017/november/deepmind-is-ready-and-set-to-go.html>
3. SCImago Institutions Rankings. (2020). *Scimago Journal & Country Rank*.
<https://www.scimagojr.com/countryrank.php>
4. SCImago Institutions Rankings. (2020) *Scimago Journal & Country Rank – HELP*.
<https://www.scimagojr.com/help.php>
5. Investir au Canada. (2020). *Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle*.
<https://www.investircanada.ca/programmes-et-incitatifs/strategie-pancanadienne-en-matiere-dintelligence-artificielle>
6. Mila. (2016). *Subvention Apogée à IVADO*. <https://mila.quebec/suventionapogee/>
7. Financial Post. (2017). *Federal and Ontario governments invest up to \$100 million in new artificial intelligence 'Vector Institute'*. <https://financialpost.com/technology/federal-and-ontario-governments-invest-up-to-100-million-in-new-artificial-intelligence-vector-institute>
8. CBC/Radio-Canada. (2017). *Ontario commits \$30M for A.I. grads in bid to woo Amazon*.
<https://www.cbc.ca/news/canada/toronto/amazon-google-ontario-toronto-technology-stem-1.4360106>
9. CBC/Radio-Canada. (2019). *Ontario government cuts \$24 million in AI research funding*.
<https://www.cbc.ca/news/technology/ontario-cuts-ai-funding-1.5143533>
10. Investissement Québec. (2020) *Montréal, centre mondial de l'intelligence artificielle. Financement accessible*.
<https://www.investquebec.com/international/fr/secteurs-activite-economique/technologies-information-communications/Montreal-centre-mondial-de-l-intelligence-artificielle.html>
11. SCALE AI. (2019). *La supergrappe SCALE AI et les industriels enclenchent le travail et lancent leur appel à projet*.
<https://www.scaleai.ca/fr/la-supergrappe-scale-ai-et-les-industriels-enclenchent-le-travail-et-lancent-leur-appel-a-projet>
12. Alberta Innovates. (2018). *Alberta Innovates and its Partners Congratulate New Chairs in Artificial Intelligence*.
<https://albertainnovates.ca/impact/newsroom/alberta-innovates-and-its-partners-congratulate-new-chairs-in-artificial-intelligence/>
13. Intellectual Property Office – United Kingdom. (2019). *Artificial Intelligence: A worldwide overview of AI patents and patenting by the UK AI sector*.
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/817610/Artificial_Intelligence_-_A_worldwide_overview_of_AI_patents.pdf

5.0 RÉFÉRENCES (3/9)

Vous trouverez ci-dessous une liste des recherches secondaires utilisées dans ce rapport. Chaque section contient une liste numérique qui correspond aux références de la section.



TALENT (1/2)

1. OECD.AI. (2020). *Between-Country AI Skills Migration*. <https://oecd.ai/data-from-partners>
 - La méthodologie est présentée à la page 10 de [Methodological note](#).
2. AI 2000. (2020). *AI 2000 Machine Learning Most Influential Scholars*. <https://www.aminer.org/ai2000/ml>
3. CIFAR. (2019). Nombre de chercheurs actifs. Indicateur interne.
4. Human-Centered AI Institute, Stanford University. (2019). *The AI Index 2019 Annual Report* (Global AI Vibrancy Tool). https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai_index_2019_report.pdf
5. Emploi et Développement social Canada. (2019). Système de projection des professions au Canada (SPPC). <http://occupations.esdc.gc.ca/sppc-cops/c.4nt.2nt@-fra.jsp?cid=occupationdatasearch>
 - Les professions technologiques comprennent CNP 0213 – Gestionnaires des systèmes informatiques, CNP 2161 – Mathématiciens/mathématiciennes, statisticiens/statisticiennes et actuaire, CNP 2147 – Ingénieurs informaticiens/ingénieures informaticiennes (sauf ingénieurs/ingénieures et concepteurs/conceptrices en logiciel), CNP 2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique, CNP 2172 – Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données, CNP 2173 – Ingénieurs/ingénieures et concepteurs/conceptrices en logiciel, CNP 2174 – Programmeurs/programmeuses et développeurs/développeuses en médias
6. Statistique Canada. (Décembre 2018, décembre 2019). *Enquête sur la population active*. <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/200110/dq200110a-fra.htm>, <https://www150.statcan.gc.ca/n1/daily-quotidien/190104/dq190104a-fra.htm>
7. Emploi et Développement social Canada. (2020). *Embaucher un travailleur talentueux de l'étranger par l'entremise du Volet des talents mondiaux*. <https://www.canada.ca/fr/emploi-developpement-social/services/travailleurs-etranagers/talents-mondiaux.html>
8. OECD.AI. (2020). *Cross-Country AI Skills Penetration*. <https://oecd.ai/data-from-partners>
9. Easton, Laura. (8 août 2018). Canada's AI Ecosystem – Toronto. Medium. <https://medium.com/real-ventures/canadas-ai-ecosystem-3c5d04bb5016>



TALENT (2/2)

1. Statistique Canada. (2018). *Tableau 37-10-0163-01 : Effectifs postsecondaires, selon la Classification Internationale Type de l'Éducation, le type d'établissement, la Classification des programmes d'enseignement, regroupements STGM et SACHES, le statut de l'étudiant au Canada, le groupe d'âge et le genre de la personne*. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3710016301>
2. Conseil des technologies de l'information et des communications (CTIC). (2020). *Bulletin trimestriel sur le marché du travail des TIC au Canada – 2020 T1* (en anglais). https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2020/06/ICTC_Quarterly-Monitor_2020_Q1_ENG-ch3.pdf
3. CIFAR. Indicateur interne.
4. Human-Centered AI Institute, Stanford University. (2019). *The AI Index 2019 Annual Report* (Global AI Vibrancy Tool). https://hai.stanford.edu/sites/default/files/ai_index_2019_report.pdf
5. RBC. (10 juin 2019). *Innovation – L'intelligence artificielle pour le bien commun : conversation avec Elissa Strome*. <https://leadershipavise.rbc.com/lintelligence-artificielle-pour-le-bien-commun-conversation-avec-elissa-strome>
6. Université Simon Fraser. (2020). *Invent The Future: AI Scholars Program*. <https://www.sfu.ca/computing/inventthefuture.html>
7. CIFAR. (2020). *Plan d'action sur l'EDI*. <https://www.cifar.ca/fr/page-d-accueil/plan-d-action-sur-l-edi>

5.0 RÉFÉRENCES (4/9)

Vous trouverez ci-dessous une liste des recherches secondaires utilisées dans ce rapport. Chaque section contient une liste numérique qui correspond aux références de la section.



ÉDUCATION

1. Statistique Canada. (2018). *Tableau 37-10-0163-01 : Effectifs postsecondaires, selon la Classification Internationale Type de l'Éducation, le type d'établissement, la Classification des programmes d'enseignement, regroupements STGM et SACHES, le statut de l'étudiant au Canada, le groupe d'âge et le genre de la personne.* <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3710016301>
2. OCDE. (2019). *Regards sur l'éducation 2019 : les indicateurs de l'OCDE*, tableau A1.1, page 58. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/6bcf6dc9-fr/index.html?itemId=/content/publication/6bcf6dc9-fr>
3. Kiser, Grace et Yoan Mantha. (2019). *Rapport mondial 2019 sur les talents en IA*. jfgagne. <https://jfgagne.ai/rapport-mondial-2019-sur-les-talents-en-ia>
4. CSRankings. (2010-2020). *Computer Science Rankings: AI & ML Programs*. <http://csrankings.org/#/index?mlmining&world>
5. CSRankings. (2010-2020). *Computer Science Rankings*. <http://csrankings.org/#/index?all>



SOCIÉTÉ

1. OECD.AI. (2020). *Top Countries in AI Research by Policy Area*. <https://oecd.ai/data-from-partners>
 - Paramètres des filtres pour les politiques sociales et d'aide sociale : Tableau = AI Research - Top Countries in AI Research by Policy Area, Policy Area = Health, Quality Rankings = Include All, Publication Type = Research Publications, Group EU27 = No
 - Paramètres des filtres pour les politiques d'IA pour la santé : Tableau = AI Research - Top Countries in AI Research by Policy Area, Policy Area = Health, Quality Rankings = Top 1%, Publication Type = Research Publications, Group EU27 = No
2. CIFAR. (Juillet 2020). *Bâtir un système de santé apprenant pour les Canadiens – Rapport du groupe de travail sur l'intelligence artificielle au service de la santé*. <https://www.cifar.ca/fr/ia/strategie-pancanadienne-en-matiere-dintelligence-artificielle/b-tir-un-syst-me-de-sant-apprenant-pour-les-canadiens>
3. Université de Waterloo. (2020). *AI and Society: A vision for artificial intelligence research at University of Waterloo*. <https://uwaterloo.ca/artificial-intelligence-group/ai-and-society/overview>
4. Open Data Barometer. (Septembre 2018). *Open Data Barometer Leaders Edition*. <https://opendatabarometer.org/doc/leadersEdition/ODB-leadersEdition-Report.pdf>
5. Gouvernement du Canada. (2020). *Portail du gouvernement ouvert*. <https://rechercher.ouvert.canada.ca/fr/od/>
6. Kelley, Patrick, Yongwei Yang, Courtney Heldreth, Christopher Moessner, Aaron Sedley, Andreas Kramm, David Newman et Allison Woodruff. (2019). *Happy and Assured that life will be easy 10 years from now : Perceptions of Artificial Intelligence in 8 Countries*. https://www.researchgate.net/publication/338354995_Happy_and_Assured_that_life_will_be_easy_10years_from_now_Perceptions_of_Artificial_Intelligence_in_8_Countries
7. CIFAR. (2020). *Quatorze projets de recherche en IA se joignent à la lutte contre la COVID-19*. <https://www.cifar.ca/fr/nouvelles/2020/05/12/quatorze-projets-de-recherche-en-ia-se-joignent-la-lutte-contre-la-covid-19>
8. Amii. (2020). *GOA TIER Program awards Amii \$5 million to enhance emissions reduction efforts in Alberta*. <https://www.amii.ca/tier-remi-program-announcement/>
9. AI4Good. (2020). *Le laboratoire AI4Good Lab*. <https://www.ai4goodlab.com/?lang=fr>

5.0 RÉFÉRENCES (5/9)

Vous trouverez ci-dessous une liste des recherches secondaires utilisées dans ce rapport. Chaque section contient une liste numérique qui correspond aux références de la section.



IA RESPONSABLE

1. udemnouvelles. (2018). *La Déclaration de Montréal sur l'intelligence artificielle est lancée.* <https://nouvelles.umontreal.ca/article/2018/12/04/la-declaration-de-montreal-sur-l-intelligence-artificielle-est-lancee-aujourd-hui/>
2. Harvard Data Science Review. (2019). *A Unified Framework of Five Principles for AI in Society.* <https://hdsr.mitpress.mit.edu/pub/10jsh9d1/release/6>
3. Mila. (2020). *Consultation mondiale sur l'éthique de l'IA : Mila reçoit un soutien financier du gouvernement québécois.* <https://mila.quebec/consultation-mondiale-sur-lethique-de-lia-mila-recoit-un-soutien-financier-du-gouvernement-quebecois>
4. udemnouvelles. (2020). *Une consultation mondiale sur l'éthique de l'intelligence artificielle commence à Montréal.* <https://nouvelles.umontreal.ca/article/2020/07/08/une-consultation-mondiale-sur-l-ethique-de-l-intelligence-artificielle-commence-a-montreal/>
5. Innovation, Sciences et Développement économique Canada. (2020). *Déclaration commune des membres fondateurs du Partenariat mondial sur l'intelligence artificielle.* <https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2020/06/declaration-commune-des-membres-fondateurs-dupartenariat-mondial-sur-lintelligence-artificielle.html>
6. Innovation, Sciences et Développement économique Canada. (2019). *Conseil consultatif en matière d'intelligence artificielle.* <http://www.ic.gc.ca/eic/site/132.nsf/fra/accueil>
7. Innovation, Sciences et Développement économique Canada. (2019). *La charte numérique du Canada en action : un plan par des Canadiens, pour les Canadiens.* [https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/vwapj/Digitalcharter_Report_FR.pdf/\\$file/Digitalcharter_Report_FR.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/vwapj/Digitalcharter_Report_FR.pdf/$file/Digitalcharter_Report_FR.pdf)
8. Innovation, Sciences et Développement économique Canada. (2019). *Le ministre Bains annonce la Charte canadienne du numérique.* <https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2019/05/le-ministre-bains-presente-la-charte-canadienne-du-numerique.html>
9. Commissariat à la protection de la vie privée du Canada. (2020). *Consultation sur les propositions du Commissariat visant à assurer une réglementation adéquate de l'intelligence artificielle. Sollicitation du point de vue d'experts sur les recommandations à être émises par le Commissariat au gouvernement/au Parlement.* https://www.priv.gc.ca/fr/a-propos-du-commissariat/ce-que-nous-faisons/consultations/consultation-ai/pos_ai_202001/
10. Commissariat à la protection de la vie privée du Canada. (2020). *Annonce. Le commissaire sollicite des observations sur la protection des droits des Canadiens face aux avancées de l'intelligence artificielle.* https://www.priv.gc.ca/fr/nouvelles-du-commissariat/nouvelles-et-annonces/2020/an_200128/

5.0 RÉFÉRENCES (6/9)

Vous trouverez ci-dessous une liste des recherches secondaires utilisées dans ce rapport. Chaque section contient une liste numérique qui correspond aux références de la section.



1. Edmonton.AI. (2020). *Western Canada's Ecosystem for AI/ML Technologies and Companies*. <https://edmonton.ai/#about>
 - Filtres CSRankings : Institutions in the world, 1998 à 2019, AI et ML & Data Mining
2. Microsoft Academic Graph. (2020). *Publication Analytics*. <https://academic.microsoft.com/publications/41008148>
3. CBRE. (2019). *Canada – Pleins feux sur le segment des technot talents – 2019*. <https://www.cbre.ca/fr-ca/research-and-reports/Canada--Pleins-feux-sur-le-segment-des-techno-talents--2019>
4. CIFAR ou Amii, indicateur interne.
5. Statistique Canada. (2018). *Tableau 37-10-0163-01 : Effectifs postsecondaires, selon la Classification Internationale Type de l'Éducation, le type d'établissement, la Classification des programmes d'enseignement, regroupements STGM et SACHES, le statut de l'étudiant au Canada, le groupe d'âge et le genre de la personne*. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3710016301>
6. Invest Alberta. (2020). *Alberta Machine Intelligence Institute (Amii)*. <https://investalberta.ca/organization-items/alberta-machine-intelligence-institute-amii/>
7. McIntyre, C. (2 février 2019). *Teaching machine learning at the University of Alberta*. Maclean's. <https://www.macleans.ca/education/ai-computer-science-alberta/>
8. Startup Genome. (2019). *Global Startup Ecosystem 2019 – Calgary*. <https://startupgenome.com/ecosystems/calgary>
9. AltaML. (2019). *Elevating business through AI*. <https://www.altaml.com/>
10. DeepMind. (5 juillet 2017). *DeepMind expands to Canada with new research office in Edmonton, Alberta*. <https://deepmind.com/blog/announcements/deepmind-office-canada-edmonton>
 - Information sur l'historique – IBM : <https://www.ibm.com/ibm/ca/fr/ibmcanada100/investments-in-western-canada.html>, ATB: <https://betakit.com/atb-financial-teams-up-with-the-university-of-alberta-to-further-research-ai/>, installations de superinformatique : <https://edmontonjournal.com/news/local-news/supercomputing-hub-latest-boost-to-university-of-alberta-artificial-intelligence-research>, SingularityU Summit: <https://sucanada.org/summit2019/>, FunnelAI: https://xconomy.com/texas/2019/03/27/funnelai-1-5m-seed-funding-may-lead-to-global-growth-new-sectors/?utm_campaign=EngageSocial&utm_source=Twitter&utm_medium=Twitter_7446&utm_content=CB_Machine_Learning, Banque Scotia : <https://www.newswire.ca/fr/news-releases/la-banque-scotia-appuie-la-recherche-en-intelligence-artificielle-a-l-universite-de-l-alberta-816993607.html>, MEDO.ai: <https://edmontonhealthcity.ca/local-company-uses-ai-to-bring-screening-to-the-point-of-care/>, Drivewyze: <https://www.ttnews.com/articles/drivewyze-receives-60m-investment-accelerate-growth>

5.0 RÉFÉRENCES (7/9)

Vous trouverez ci-dessous une liste des recherches secondaires utilisées dans ce rapport. Chaque section contient une liste numérique qui correspond aux références de la section.



1. Ontario Canada. (2019). *Toronto s'est classée comme le marché de technologies à la croissance la plus rapide en Amérique du Nord.* <https://www.investinontario.com/fr/pleins-feux/toronto-sest-classée-comme-le-marché-de-technologies-a-la-croissance-la-plus-rapide-en>
2. Statistique Canada. (2018). *Tableau 37-10-0163-01 : Effectifs postsecondaires, selon la Classification Internationale Type de l'Éducation, le type d'établissement, la Classification des programmes d'enseignement, regroupements STGM et SACHES, le statut de l'étudiant au Canada, le groupe d'âge et le genre de la personne.* <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3710016301>
3. Startup Genome. (2020). *The Global Startup Ecosystem Report 2020 (GSER2020)* <https://startupgenome.com/reports/gser2020>
4. Financial Post. (2020). *As Shopify passes RBC to become No. 1, the Canada market curse gets put to the test.* <https://financialpost.com/technology/as-shopifys-value-surpasses-rbc-market-curse-gets-put-to-test>
5. Emploi et Développement social Canada. (2019). *Système de projection des professions au Canada (SPPC).* <http://occupations.esdc.gc.ca/sppc-cops/c.4nt.2nt@-fra.jsp?cid=occupationdatasearch>
 - Les professions technologiques comprennent CNP 0213 – Gestionnaires des systèmes informatiques, CNP 2161 – Mathématiciens/mathématiciennes, statisticiens/statisticiennes et actuaires, CNP 2147 – Ingénieurs informaticiens/ingénieures informaticiennes (sauf ingénieurs/ingénieures et concepteurs/conceptrices en logiciel), CNP 2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique, CNP 2172 – Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données, CNP 2173 – Ingénieurs/ingénieures et concepteurs/conceptrices en logiciel, CNP 2174 – Programmeurs/programmeuses et développeurs/développeuses en médias
6. CBRE. (2019). *Toronto Rises to No. 3 in CBRE's North American Tech Talent Ranking.* <https://www.cbre.ca/en/about/media-center/torontos-tech-trajectory-sees-the-city-rise-to-no-3-in-cbres-north-american-talent-ranking>
7. Time. (2020). *Best inventions 2019. Learning from medical mistakes.* <https://time.com/collection/best-inventions-2019/5733095/surgical-safety-technologies-operating-room-black-box/>
8. CB Insights. (2020). *AI 100: The Artificial Intelligence Startups Redefining Industries.* <https://www.cbinsights.com/research/artificial-intelligence-top-startups/>
9. Ontario Canada. (2020) *DarwinAI : Mettre à profit le talent de l'Ontario pour rendre l'IA plus accessible.* <https://www.investinontario.com/fr/pleins-feux/darwinai-mettre-a-profit-le-talent-de-lontario-pour-rendre-lia-plus-accessible>.
10. Macleans. (3 octobre 2019). *Canada's best university computer science programs: 2020 rankings.* <https://www.macleans.ca/education/canadas-best-university-programs-in-computer-science-rankings-2020/>

5.0 RÉFÉRENCES (8/9)

Vous trouverez ci-dessous une liste des recherches secondaires utilisées dans ce rapport. Chaque section contient une liste numérique qui correspond aux références de la section.



1. Microsoft Academic Graph. (2020). *Publication Analytics*. <https://academic.microsoft.com/publications/41008148>
2. Macleans. (3 octobre 2019). *Canada's best university computer science programs: 2020 rankings*. <https://www.macleans.ca/education/canadas-best-university-programs-in-computer-science-rankings-2020/>
3. Poljicak, V. (Septembre 2019). *Montréal, meilleur endroit en Amérique du Nord pour investir en IA*. <https://www.montrealinternational.com/fr/actualites/montreal-meilleur-endroit-en-amerique-du-nord-pour-investir-en-ia/>
4. Microsoft Academic Graph. (2020). *Publication Analytics*. <https://academic.microsoft.com/publications/41008148>
5. Easton, L. (Avril 2018). *Canada's Artificial Intelligence Ecosystem – Montreal*. <https://medium.com/real-ventures/canadas-artificial-intelligence-ecosystem-4798b0517016>
6. Microsoft Academic Graph. (2020). *Publication Analytics*. <https://academic.microsoft.com/publications/41008148>
7. CIFAR. (2019). Recherche : investissements en IA et en technologie au Canada à compter de novembre 2019
8. Startup Genome Report. (2020). *The Global Startup Ecosystem Report. Montreal*. <https://startupgenome.com/reports/gser2020>
9. Startup Genome Report. (2020). *The Global Startup Ecosystem Report. Quebec City*. <https://startupgenome.com/reports/gser2020>
10. CrunchBase. (2020). *Element AI*. <https://www.crunchbase.com/organization/element-ai>
11. Investissement Québec. (2019). *Montréal, centre mondial de l'intelligence artificielle*. <https://www.investquebec.com/international/fr/secteurs-activite-economique/technologies-information-communications/Montreal-centre-mondial-de-l-intelligence-artificielle.html>

5.0 RÉFÉRENCES (9/9)

Vous trouverez ci-dessous une liste des recherches secondaires utilisées dans ce rapport. Chaque section contient une liste numérique qui correspond aux références de la section.

COLOMBIE-BRITANNIQUE

1. Startup Genome. (2019). *Global Startup Ecosystem Report 2019*. <https://startupgenome.com/reports/global-startup-ecosystem-report-2019>
2. CBRE. (2019). *Canada – Pleins feux sur le segment des technot talents – 2019*. <https://www.cbre.ca/fr-ca/research-and-reports/Canada--Pleins-feux-sur-le-segment-des-techno-talents--2019>
3. CSRankings (2020). *Computer Science Rankings*. <http://csrankings.org/#/index?vision&canada>
 - Filtre 1 : Institutions in Canada, 2010 à 2020, seul Computer Vision a été sélectionné
 - Filtre 2 : Institutions in USA & Canada, 2010 à 2020, seul Computer Vision a été sélectionné
4. Trade and Invest British Columbia. (2020). *Industry Sectors – Technology - Interactive Gaming*. <https://www.britishcolumbia.ca/invest/industry-sectors/technology/interactive-gaming/>
5. CAIDA. (2020). *CAIDA: UBC ICICS Centre for Artificial Intelligence Decision-making and Action*. <https://caida.ubc.ca/>
6. Microsoft Academic Graph. (2020). *Publication Analytics*. <https://academic.microsoft.com/publications/41008148>
7. Macleans. (3 octobre 2019). *Canada's best university computer science programs: 2020 rankings*. <https://www.macleans.ca/education/canadas-best-university-programs-in-computer-science-rankings-2020/>
8. Statistique Canada. (2018). *Tableau 37-10-0163-01 : Effectifs postsecondaires, selon la Classification Internationale Type de l'Éducation, le type d'établissement, la Classification des programmes d'enseignement, regroupements STGM et SACHES, le statut de l'étudiant au Canada, le groupe d'âge et le genre de la personne*. <https://www150.statcan.gc.ca/t1/tbl1/fr/cv.action?pid=3710016301>
9. Trade and Invest British Columbia. (31 mai 2018). *British Columbia Shows Real Intelligence in AI Innovation*. <https://www.britishcolumbia.ca/global/trade-and-investment-british-columbia-blog/may-2018/british-columbia-shows-real-intelligence-in-ai-inn/>
10. Crunchbase. (Consulté en juillet 2020). *Recherche d'entreprises*.
 - IA et Apprentissage automatique : <https://www.crunchbase.com/search/organization.companies/718665dd1163a5c1c50fa1461f0c9e8f>
 - Vision par ordinateur : <https://www.crunchbase.com/search/organization.companies/49f55663b88a9518af64bbe0105795e7>
11. PwC Canada | CB Insights. (2019). *Rapport canadien MoneyTree^{MC} du S2 2019*. <https://www.pwc.com/ca/fr/industries/technology/money-tree/money-tree-h2-2019.html>
12. Supergrappe des technologies numériques du Canada. (2019). *Rapport annuel*. https://www.digitalsupercluster.ca/wp-content/uploads/2019/10/FR_oct7.pdf
13. Artificial Intelligence Network of BC. (2020). *About Us*. <https://www.ainbc.ai/about>
14. Investment Executive (23 avril 2018). *Borealis AI Expands lab network into Vancouver*. <https://www.investmentexecutive.com/news/industry-news/borealis-ai-expands-lab-network-into-vancouver/>
15. Supergrappe des technologies numériques du Canada. (2019). *Athena Pathways* (en anglais). <https://www.digitalsupercluster.ca/programs/capacity-building-program/athena-pathways/>
16. Chan, Kenneth. (10 juillet 2019). *Fujitsu's new global AI headquarters office opens in Vancouver*. DailyHive. <https://dailyhive.com/vancouver/fujitsu-artificial-intelligence-technology-vancouver-office-2019>

ANNEXES

MÉTHODOLOGIE

Le travail a consisté à définir une série d'indicateurs clés de performance dans six domaines afin d'évaluer l'impact de la Stratégie pancanadienne en matière d'IA depuis sa création.

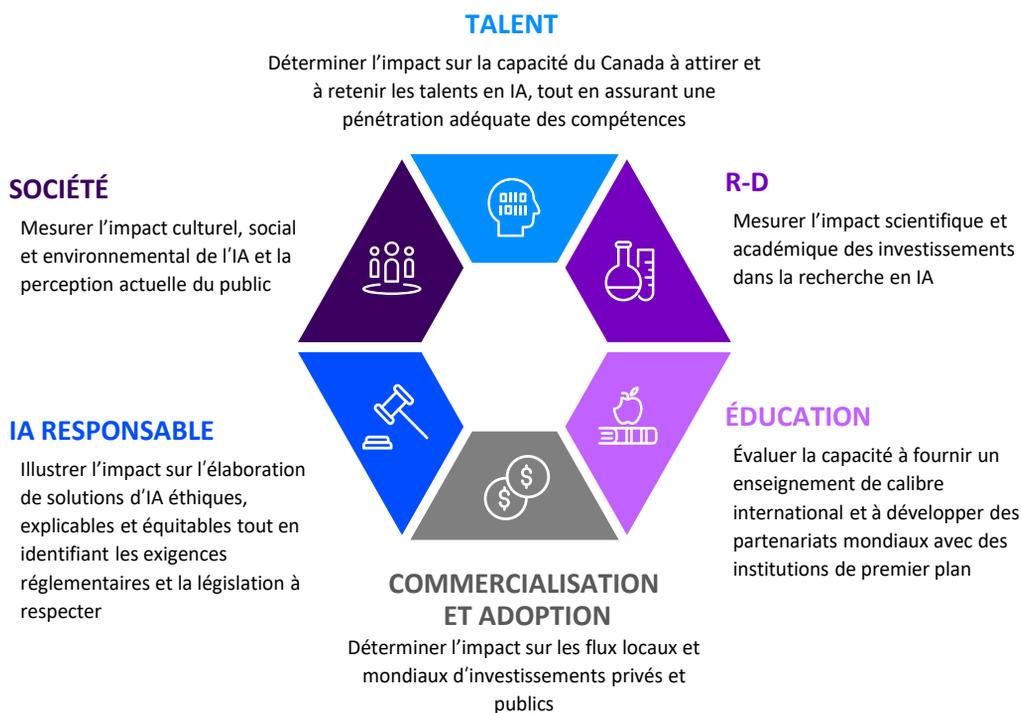
Portée de l'évaluation, objectifs et approche : L'objectif de cette évaluation est de déterminer l'impact de la Stratégie pancanadienne en matière d'IA depuis sa création. La portée de l'évaluation englobait :

- la définition d'une série d'indicateurs clés de performance pour la Stratégie pancanadienne en matière d'IA, dont des indicateurs pour mesurer les incidences économiques et sociales de la stratégie ;
- la collecte et l'analyse de données relatives à ces indicateurs clés de performance tout en tenant compte des hypothèses qui sous-tendent chaque point de données ;
- la description de la vitalité des écosystèmes d'IA au Canada, à l'échelle régionale et nationale, en fonction de l'analyse des données et de la recherche.
- la description de l'impact global de la Stratégie pancanadienne en matière d'IA à ce jour.

Six domaines ont été ciblés pour évaluer l'impact de la stratégie quant à ses cinq principaux objectifs et à ses bénéfices socioéconomiques. Ces domaines ont été sélectionnés en s'inspirant du rapport allemand *Comparison of National Strategies to Promote Artificial Intelligence*¹ et du document britannique *U.K. § AI Sector Deal – One Year On*². Des domaines ont été ajoutés et ajustés (par ex., l'IA responsable) en fonction des éléments les plus importants de la stratégie du CIFAR.

Chaque domaine a été mis en relation avec les principaux objectifs que le CIFAR s'était fixés, et une analyse quantitative et qualitative a été réalisée pour fournir une première évaluation « descendante » de la stratégie. Des séances de découverte ont permis de formuler les questions qui ont conduit à l'analyse de plus de 50 indicateurs clés de performance associés aux différents domaines. Les questions qui ont servi à l'analyse de chaque domaine se trouvent à l'annexe 2.

L'évaluation est un premier exercice de découverte pour comprendre l'impact de haut niveau de la Stratégie pancanadienne en matière d'IA. Les données ou l'évaluation des indicateurs clés de performance sont tirées de sources publiques et s'ajoutent aux données internes du CIFAR. La qualité et la récence des données dépendent de l'information accessible au public.



1. *Comparison of National Strategies to Promote Artificial Intelligence*. <https://www.kas.de/en/web/guest/single-title/-/content/vergleich-nationaler-strategien-zur-forderung-von-kunstlicher-intelligenz>

2. *UK AI Sector Deal – One Year On*. <https://www.gov.uk/government/publications/artificial-intelligence-sector-deal/ai-sector-deal-one-year-on>

QUESTIONS PAR DOMAINE

Des objectifs ont été définis pour chaque domaine afin de définir la portée de l'évaluation, l'approche de recherche et les principales questions à étudier.



3.1 COMMERCIALISATION ET ADOPTION

Transformation des découvertes de la recherche en IA en applications dans les secteurs public et privé qui génèrent des avantages socioéconomiques

1. À quoi ressemble l'écosystème canadien de jeunes pousses en IA et comment a-t-il évolué au cours des trois dernières années (nombre d'entreprises) ?
2. Quels sont les investissements dans les jeunes pousses canadiennes en IA ?
3. Dans quelle mesure les entreprises canadiennes réussissent-elles à croître par rapport aux offres d'acquisition ?
4. Dans quelle mesure l'écosystème de l'innovation (incubateurs/accélérateurs) se concentre-t-il sur le soutien aux jeunes pousses en IA ?
5. Dans quelle mesure le secteur privé adopte-t-il activement l'IA ?



3.2 RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Amélioration du profil et la visibilité du Canada à l'international en matière de recherche et de formation en IA ; augmentation de la productivité de la recherche universitaire en IA et de la capacité à générer des recherches et des innovations de classe mondiale

1. Quel est l'investissement du secteur public dans la R-D en IA ?
2. Quel est l'investissement du secteur privé dans la R-D en IA ?
3. Quel est l'investissement dans les infrastructures de R-D ?
4. Quel est le volume de la recherche en IA au Canada (publications) ?
5. Quelle est la qualité de la recherche en IA au Canada (citations) ?
6. Comment la propriété intellectuelle canadienne en matière d'IA est-elle protégée et commercialisée ? (brevets, licences)



3.3 TALENT

Attraction et rétention des talents en IA dans les universités et les entreprises canadiennes ; développement des capacités de recherche en IA grâce à une variété de programmes de formation

1. Combien de chercheurs en IA parmi les meilleurs au monde travaillent au Canada ?
2. Comment le bassin de talents canadiens en IA a-t-il évolué au fil du temps ? Comment se compare-t-il à ceux d'autres pays ?
3. Quelles sont les tendances en matière d'entrée et de sortie de talents en IA au Canada ? Comment cela a-t-il évolué au cours des dernières années ?
4. À quoi ressemble le marché de l'emploi en IA dans chaque région ?
5. Est-il facile pour les diplômés en IA de trouver un emploi ?



3.4 ÉDUCATION

Amélioration du profil et la visibilité du Canada à l'international en matière de recherche et de formation en IA

1. Comment le Canada se compare-t-il en ce qui a trait au nombre d'étudiants diplômés en IA et au nombre de programmes du premier cycle et des cycles supérieurs ?
2. Quel est le classement international de nos départements d'informatique en matière d'IA ?
3. Comment le Canada se compare-t-il en ce qui a trait au nombre d'inscriptions et de diplômés dans les programmes de STIM ?



3.5 SOCIÉTÉ

Transformation des découvertes de la recherche en IA en applications dans les secteurs public et privé qui génèrent des avantages socioéconomiques

1. Comment le Canada se compare-t-il en ce qui a trait à l'équité, à la diversité et à l'inclusion en IA ?
2. Le Canada a-t-il un impact sur l'IA pour le bien commun (par ex., santé, transport, environnement, services sociaux, etc.) ?
3. Que pense la population canadienne de l'IA ?
4. Dans quelle mesure les chercheurs canadiens en IA communiquent-ils avec le public ?
5. Comment le Canada se compare-t-il en ce qui a trait à l'élaboration et à l'avancement des politiques liées à l'IA ?
6. Dans quelle mesure les données publiques sont-elles accessibles pour la recherche et l'innovation en IA ?



3.6 IA RESPONSABLE

Renforcement de la collaboration au sein de l'écosystème de l'IA pour définir et respecter une utilisation responsable de l'IA

1. Quels sont les atouts du Canada en matière d'IA responsable ?
2. Quelles sont ses répercussions au Canada et dans le monde entier ?
3. Que fait le Canada pour faire avancer la question de l'IA responsable et la faire respecter ?