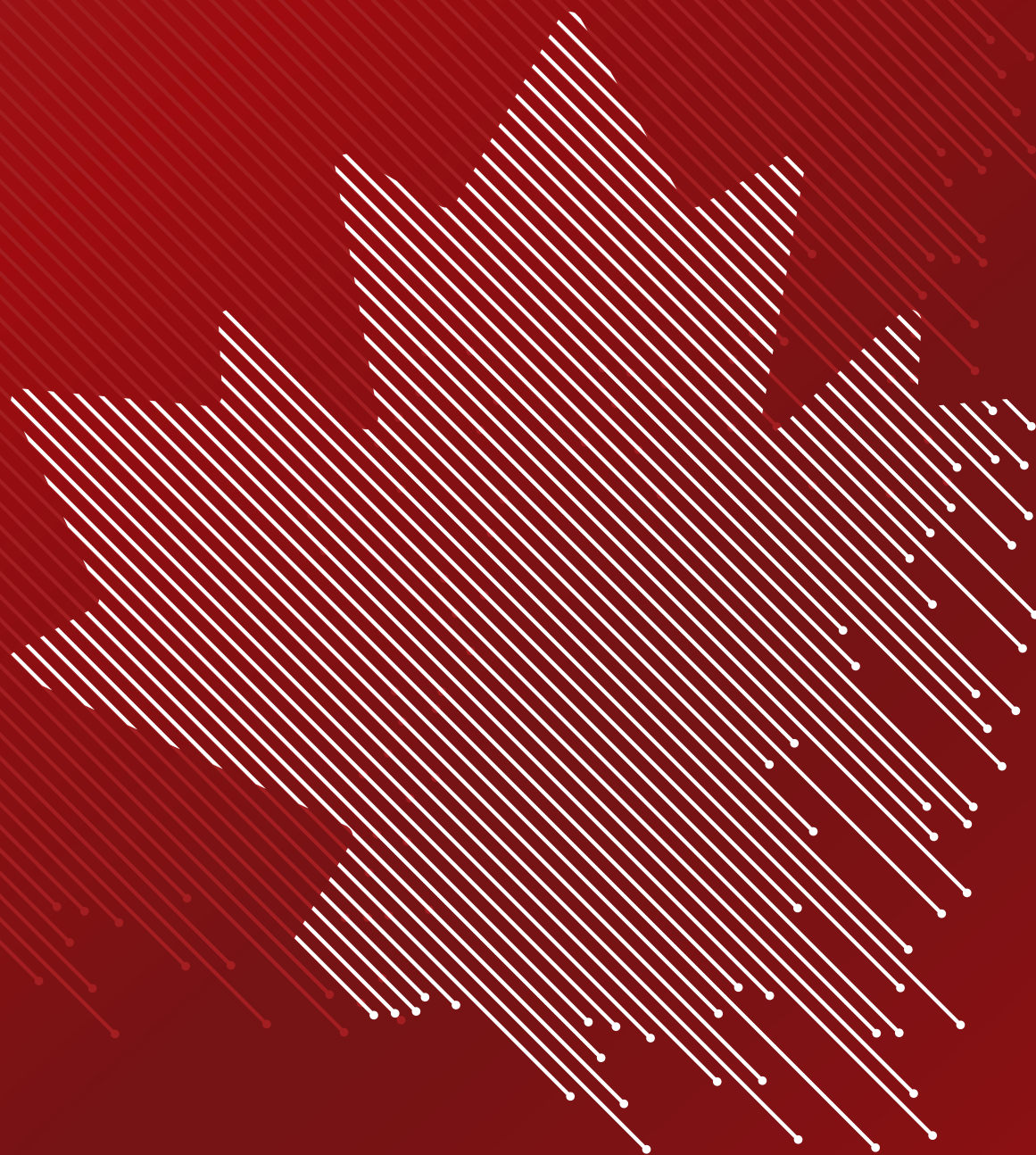


# MISER SUR LE CANADA

Investissements étrangers dans  
l'intelligence artificielle canadienne



JUILLET 2020



Recherche par



le Conseil des technologies  
de l'information et des communications

Ce projet est financé  
par Investir au



investir  
AU  
CANADA

# PRÉFACE

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

## Pour citer ce rapport

Cutean, A., Hamoni, R., Herron, C., Schuller, K. (Juillet 2020). *Miser sur le Canada : Investissements étrangers dans l'intelligence artificielle canadienne*. Conseil des technologies de l'information et des communications. Ottawa, Canada.

Recherche et rédaction par Alexandra Cutean (directrice principale, Recherche et politiques), Rosina Hamoni (analyste de la recherche), Chris Herron (analyste subalterne de la recherche), et Kiera Schuller (analyste de la recherche et des politiques), avec le généreux soutien de l'équipe de la recherche et des politiques du CTIC.

# RÉSUMÉ

La présente étude examine les possibilités pour le Canada d'utiliser ses forces actuelles en intelligence artificielle (IA) pour attirer des investissements étrangers directs (IED) de qualité. Pour jeter les bases nécessaires, la présente recherche propose un aperçu des développements et des activités récemment réalisés dans le secteur de l'IA, autant au Canada que dans d'autres carrefours mondiaux d'IA, y compris les États-Unis et l'Europe. Elle présente des exemples d'applications d'IA dans différents secteurs comme la technologie numérique, l'agriculture et les sciences de la vie. Grâce à une analyse approfondie des entrevues réalisées auprès de chefs de file de l'industrie provenant de huit pays et de sept secteurs verticaux, la présente étude recense les principaux besoins opérationnels auxquels répond l'IA, les connaissances internationales à l'égard des avancées canadiennes dans le domaine, ainsi que les perceptions du Canada comme destination d'investissement en IA. L'étude met en lumière la perception des investisseurs potentiels du monde entier quant à la présence du Canada dans le domaine de la recherche en IA, à ses efforts de commercialisation, ainsi qu'aux possibilités et aux obstacles en lien avec sa croissance continue. Elle comprend une analyse des forces, des faiblesses, des possibilités et des menaces (FFPM) en lien avec la stratégie d'attraction des IED en IA du Canada. Tirant parti des recherches existantes du CTIC sur l'IA et ses applications, la présente recherche laisse entendre que le Canada est perçu comme une destination attrayante pour les investissements en IA par certains des plus grands chefs de file au monde. Un bassin de talents hautement qualifiés, d'excellents établissements d'enseignement offrant des programmes novateurs, et un climat d'immigration accueillant qui attire les talents de niveau intermédiaire et supérieur qualifiés en IA qui sont nécessaires pour doter des rôles essentiels font partie des principaux attributs liés à cette perception.

La présente recherche comprenait des questions visant à connaître les perspectives quant aux applications en IA, à l'écosystème d'IA du Canada et aux critères d'investissement. Elle ne tient pas directement compte de la récente pandémie de la COVID-19, qui a incontestablement modifié les priorités, les besoins et le potentiel d'investissement à l'échelle internationale. D'autres recherches plus approfondies sont nécessaires pour bien comprendre les impacts de la COVID-19 sur les développements et les investissements en IA, dont les investissements en général.

# GLOSSAIRE

**Accélérateur** Programme de « développement des entreprises » court et intense dans le cadre duquel les jeunes entreprises sélectionnées, souvent dans le secteur technologique, reçoivent de l'aide pour prendre de l'expansion, résoudre des problèmes, et être rentables le plus rapidement possible. Souvent en échange d'une action participative dans l'entreprise, les jeunes entreprises qui participent à des programmes d'accélération profitent d'investissements modestes et accèdent à un vaste réseau de membres, dont des sociétés de capital-risque et des experts de l'industrie. Ces instruments ont pour objectif de permettre à des entreprises prêtes à entrer sur le marché à prendre de l'expansion et à commercialiser leurs produits. L'admission à ces programmes est extrêmement concurrentielle. Mondialement, le taux d'acceptation des plus importants accélérateurs varie de 1 à 2 %.<sup>1</sup>

**Apprentissage machine** L'apprentissage machine, un sous-ensemble du domaine élargi de l'IA, est l'application d'algorithmes qui donnent aux systèmes la capacité d'apprendre automatiquement et de s'améliorer à partir d'expériences antérieures sans qu'ils soient explicitement programmés. Ces algorithmes reposent sur des modèles mathématiques fondés sur des données d'échantillon ou « d'apprentissage » pour faire des prévisions ou prendre des décisions.

**Apprentissage profond** Domaine de l'IA associé aux réseaux neuronaux artificiels. L'apprentissage profond renvoie à la profondeur des multiples couches ou piles de réseaux neuronaux.

**Économie numérique** Classification qui inclut les travailleurs occupant des rôles principalement numériques ou techniques dans l'ensemble des secteurs de l'économie (p. ex. un scientifique des données travaillant pour un transporteur aérien) et les travailleurs occupant des rôles non techniques au sein d'entreprises technologiques (p. ex. un comptable travaillant chez un fabricant de logiciels).

**Grappe technologique (« carrefour » technologique)** Souvent appelée grappe industrielle ou grappe d'innovation,<sup>2</sup> une grappe ou un carrefour technologique est une concentration, habituellement géographique, d'entreprises indépendantes, d'établissements d'enseignement et d'institutions gouvernementales pertinents qui travaillent ensemble pour atteindre un but précis (p. ex. faire progresser un secteur donné). Les entreprises de ces grappes ou carrefours profitent d'occasions de réseautage et de transfert de connaissances, et ont accès à des talents qualifiés provenant d'établissements d'enseignement faisant partie du carrefour. La grappe technologique de la Silicon Valley et la grappe biopharmaceutique de Boston en sont des exemples. Les grappes qui comportent plusieurs entreprises (généralement des centaines ou plus) sont appelées des supergrappes.

<sup>1</sup> Paula Karpis. « Want to Get Into a Top Startup Accelerator? Try These 3 Strategies ». *Forbes*, 30 mai 2017 : <https://www.forbes.com/sites/paulinaguditch/2017/05/30/get-into-a-top-startup-accelerator/#78877de5725f>.

<sup>2</sup> « Building successful technology clusters ». RAIN Eugene, 10 décembre 2014 : <http://www.raineugene.org/building-successful-technology-clusters/>.

**Incubateurs** Organisation offrant aux jeunes entreprises, habituellement technologiques, mais pas toujours, un ensemble de services, y compris un espace de travail, des services de mentorat et des liens avec les entreprises locales. Les incubateurs peuvent être parrainés par des sociétés de capital-risque, des investisseurs providentiels, des gouvernements et même des sociétés. Bien qu'elles fassent partie d'un incubateur, les jeunes entreprises travaillent habituellement en étroite collaboration avec d'autres entreprises d'un secteur similaire et passent beaucoup de temps à définir leur produit et leur modèle opérationnel. Les accélérateurs aident les entreprises à devenir rentables, alors que les incubateurs s'adressent surtout aux entreprises en démarrage, les aidant à élaborer leurs plans d'activités, à créer des produits commercialisables, et à affiner leur propriété intellectuelle.

**Intelligence artificielle (IA)** Sujet multidisciplinaire relatif aux méthodes et techniques de diverses disciplines fondamentales comme les mathématiques, l'ingénierie, les sciences naturelles, l'informatique et la linguistique. Au cours des dernières décennies, l'IA a intégré bon nombre de secteurs technologiques comme la planification, le traitement du langage naturel, le traitement de la parole, l'apprentissage machine, la reconnaissance visuelle, les réseaux neuronaux et la robotique.<sup>3</sup>

**Investissements étrangers directs (IED)** Catégorie d'investissements transfrontaliers dans laquelle un investisseur d'une économie établit un intérêt durable, ou un degré important d'influence, à l'égard d'une entreprise d'une autre économie.

**Réseaux neuronaux** Les réseaux neuronaux sont des systèmes informatiques composés de plusieurs éléments de traitement simples interreliés qui répondent aux intrants externes.

**Traitement du langage naturel** Technologie utilisée pour aider les ordinateurs à comprendre le langage naturel humain. La plupart des techniques de traitement du langage naturel utilisent l'apprentissage machine.

<sup>3</sup> Ryan McLaughlin, et autres. *L'ère de demain : La main-d'œuvre amplifiée par l'intelligence artificielle du Canada*. CTIC, décembre 2019 : <http://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2020/02/canadas-ai-workforce-FINAL-FRENCH-2.24.20.pdf>.

# TABLE DES MATIÈRES

Préface	3
Glossaire	5
Sommaire	9
Introduction	11
<b>Section I. L'état mondial de l'IA : Développements au Canada et à l'étranger</b>	<b>13</b>
<i>L'état de l'IA au Canada</i>	13
Edmonton	14
Montréal	15
Toronto	17
<i>Une nouvelle réalité : Développements clés en IA au Canada pendant la pandémie de la COVID-19</i>	19
<i>L'état de l'IA dans le monde</i>	22
Développements de l'IA aux États-Unis	22
Développements de l'IA en Chine	25
Développements de l'IA en Union européenne	27
<b>Section II. Perceptions mondiales à l'égard du Canada dans le paysage de l'IA</b>	<b>31</b>
<i>Rendez-vous avec des experts : Discussions avec des chefs de file de l'industrie</i>	31
<i>Les organisations utilisent différents types d'outils d'IA pour répondre à cinq besoins opérationnels clés</i>	32
Amélioration des produits	33
Accroître l'efficacité et améliorer les processus internes	34
Améliorer l'expérience des clients	35
Élargir et diversifier les services d'experts-conseils	36
Analyse et gestion des risques	38
<i>L'investissement en IA est tout nouveau pour la plupart des entreprises, mais elles sont toutes optimistes quant à son potentiel</i>	38
<i>Les organisations font surtout face à des obstacles mineurs à la mise en œuvre de l'IA</i>	40
<i>La plupart des répondants connaissaient le secteur canadien de l'IA : bon nombre d'entre eux connaissaient les principaux carrefours d'IA, les grandes villes canadiennes, l'initiative Scale AI et les plus importants établissements d'enseignement</i>	41
<i>Le Canada est reconnu pour sa communauté grandissante d'IA, son système d'immigration proactif et sa capacité d'attirer des professionnels qualifiés formés à l'étranger de niveau intermédiaire à supérieur</i>	43

<i>La réglementation ambiguë, la concurrence pour des talents et la petite taille de l'écosystème d'IA du Canada font partie des principaux obstacles à l'attraction d'investissements au Canada</i>	44
<b>Section III. L'impact de l'IA dans l'ensemble des secteurs</b>	<b>47</b>
<i>Fabrication de pointe</i>	47
<i>Technologies agricoles et océaniques</i>	49
<i>Services commerciaux et financiers</i>	51
<i>Technologie numérique</i>	53
<i>Sciences de la vie</i>	55
<i>Ressources naturelles</i>	57
<i>Transport et logistique</i>	59
<b>Section IV. Récapitulation : L'IA attire-t-elle des IED au Canada?</b>	<b>61</b>
<i>Les talents canadiens qualifiés en IA : un facteur d'attraction majeur</i>	61
<i>Une capacité d'attirer des talents internationaux qualifiés incontestable</i>	62
<i>Développement de carrefours régionaux</i>	62
<i>Leadership en matière d'IA éthique</i>	62
<i>Enjeux en matière d'expansion : Le Canada dispose d'une bonne capacité de recherche, mais il doit stimuler la commercialisation</i>	63
<i>Préoccupations relatives à la conservation des talents</i>	63
<i>La lenteur de la réglementation est un problème</i>	63
<b>Conclusion</b>	<b>65</b>
<b>Annexes</b>	<b>66</b>
<i>Méthodologie de recherche</i>	66
<i>Recherche primaire</i>	66
<i>Recherche secondaire</i>	67
<i>Limites de la recherche</i>	67
<i>Analyse FFPM : Profil du Canada en matière d'investissement en IA</i>	68
<i>Forces</i>	68
<i>Faiblesses</i>	70
<i>Possibilités</i>	73
<i>Menaces</i>	76



# SOMMAIRE

Grâce à des sous-ensembles comme l'apprentissage machine, le traitement du langage naturel et l'apprentissage profond, l'IA peut transformer la façon dont fonctionnent nos économies et nos sociétés. Des entreprises de partout dans le monde en viennent à dépendre de l'IA pour générer des gains d'efficacité, accroître la productivité et résoudre les problèmes. L'IA permet d'améliorer les processus internes, d'améliorer l'expérience des clients, de gérer les risques, et même de créer de nouveaux produits et services.

Bon nombre d'organisations utilisent maintenant une certaine forme d'IA, mais pour mieux comprendre la position du Canada en tant que destination d'investissements internationaux en IA, le CTIC a consulté des experts de l'industrie dans huit pays afin d'établir ce portrait. Les personnes interrogées représentaient des entreprises internationales dont les principales activités touchent sept secteurs de l'industrie.

Bien que les années d'expérience de l'utilisation de l'IA variaient chez les répondants, l'assertion de sa valeur était unanime : ils étaient optimistes quant à son potentiel d'amélioration des entreprises, tant à court qu'à long terme. Comme c'est le cas de nombreuses technologies émergentes, les répondants ont souligné certains obstacles à la pleine mise en œuvre de l'IA au sein des organisations. Le manque d'expertise interne, la faible tolérance au risque et l'ambiguïté des cadres réglementaires font partie de ces obstacles. Néanmoins, la majorité d'entre eux considéraient ces obstacles comme insignifiants ou temporaires, et plusieurs estimaient qu'ils arrivaient à bien gérer l'utilisation et la mise en œuvre de l'IA.

Les entreprises canadiennes interrogées ont aussi recensé des obstacles à la croissance de l'écosystème canadien d'IA et à l'attraction d'IED, les plus importants incluant la lenteur de la commercialisation, l'exode potentiel des talents découlant de la forte concurrence (par les États-Unis) pour les talents qualifiés en IA du Canada, et la lenteur de l'évolution réglementaire au Canada en matière d'IA. Toutefois, aucun de ces obstacles n'était considéré comme prohibitif. Selon elles, l'IA canadienne se démarque à l'échelle mondiale et peut être mise à profit pour attirer des investissements internationaux.

Les réalisations du Canada dans le domaine de l'IA étaient généralement connues des entreprises interrogées pour la présente étude. Environ 95 % d'entre elles pouvaient nommer au moins deux développements ou réalisations du Canada dans le domaine, la plupart soulignant la supergrappe des chaînes d'approvisionnement axées sur l'IA (Scale AI), les carrefours régionaux émergents (Montréal, Toronto et Edmonton), et de grands établissements d'enseignement offrant des programmes en IA comme l'Université de Toronto ou l'Université McGill. En plus des talents

qualifiés émergents de ces deux universités et d'autres établissements universitaires et de la capacité du Canada d'attirer des talents internationaux qualifiés, les personnes interrogées avaient une opinion très favorable du Canada comme destination d'investissement. Plusieurs d'entre elles ont déclaré que le Canada était une excellente destination pour les investissements en IA. Bon nombre ont parlé des développements en matière d'intelligence artificielle responsable au Canada comme étant intéressants et fascinants.

Le Canada forme des talents qualifiés aptes à réaliser des recherches novatrices en IA et peut se vanter d'avoir un système d'immigration qui valorise et attire des travailleurs qualifiés de partout dans le monde. Combinés aux programmes éducatifs novateurs et à la détermination des chefs de file canadiens de l'IA de résoudre des grands enjeux sociétaux, éthiques et économiques, les investissements dans ce domaine au Canada augmenteront probablement, bien que l'impact de la COVID-19 sur les investissements à court terme risque d'être chaotique. Néanmoins, les répondants estimaient que les avancées, les talents et les recherches du Canada dans le secteur de l'IA responsable ne passent pas inaperçus. Peut-être particulièrement en ces temps d'incertitude, l'IA canadienne a l'occasion de briller plus que jamais.

# INTRODUCTION

L'avènement de l'intelligence artificielle moderne remonte aux années 1950 au moment du développement du test de Turing.<sup>4</sup> Depuis, la recherche et le développement en matière d'IA ont connu des avancées importantes, menant à de nombreuses applications dans l'ensemble des secteurs et partout dans le monde. Les applications d'IA touchent notre quotidien : des recommandations de films sur Netflix aux listes de chansons personnalisées sur Spotify, en passant par les vastes capacités de recherche d'Alexa, et même les filtres Snapchat,<sup>5</sup> combinant la vision par ordinateur et la réalité augmentée<sup>6</sup> pour que les utilisateurs puissent ressembler à des animaux ou encore à des produits alimentaires. Bien que ces exemples représentent des applications d'IA relativement simples, des entreprises du monde entier misent sur la technologie pour améliorer leurs opérations, améliorer la gestion de leurs actifs, développer des produits nouveaux et novateurs, et gérer les risques.

Des développements prometteurs en IA ont entraîné une importante croissance mondiale de la recherche, des investissements et du développement de produits dans le domaine. De 1998 à 2018, les recherches évaluées par les pairs dans le domaine ont connu une hausse de 300 %, <sup>7</sup> et en 2019, les investissements mondiaux en IA totalisaient 70 milliards de dollars.<sup>8</sup> S'appuyant sur le rapport du CTIC intitulé *L'ère de demain : La main-d'œuvre amplifiée par l'intelligence artificielle du Canada*<sup>9</sup> publié en 2019, la présente étude examine des cas pratiques d'IA dans sept secteurs économiques et propose les perspectives de grands chefs d'entreprises internationaux afin de découvrir les possibilités d'attraction d'IED en IA du Canada.

La **Section I** présente l'état de la recherche en IA, de la croissance de l'écosystème et de l'investissement au Canada et à l'étranger. Cette section révèle des développements importants comme les activités organisées au sein des grappes d'IA, les activités essentielles de recherche en IA, ainsi que les tendances en matière d'investissements publics et privés. Étant donné la réalité actuelle de la crise de la COVID-19, cette section offre aussi un aperçu des activités significatives qui ont eu lieu au cours des premiers mois de 2020 alors que les innovateurs dans le domaine tentaient d'élaborer des solutions en lien avec la pandémie.

<sup>4</sup> « The Turing Test ». *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 8 février 2016 : <https://plato.stanford.edu/entries/turing-test/>.

<sup>5</sup> Anthony Zhao. « The Rise of Artificial Intelligence ». *Impress Magazine*, 10 décembre 2018 : <http://www.impressmagazine.com/the-rise-of-artificial-intelligence/>.

<sup>6</sup> James Le. « Snapchat's Filters: How computer vision recognizes your face ». *Medium*, 6 février 2018 : <https://medium.com/swlh/snapchats-filters-how-computer-vision-recognizes-your-face-9ce536206fa7>.

<sup>7</sup> Khari Johnson. « AI Index 2019 assessment global AI research, investment, and impact ». *Venture Beat*, 11 décembre 2019 : <https://venturebeat.com/2019/12/11/ai-index-2019-assesses-global-ai-research-investment-and-impact/>.

<sup>8</sup> *Ibidem*.

<sup>9</sup> Ryan McLaughlin, et autres. *L'ère de demain : La main-d'œuvre amplifiée par l'intelligence artificielle du Canada*. CTIC, décembre 2019 : <http://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2020/02/canadas-ai-workforce-FINAL-FRENCH-2.24.20.pdf>



La **Section II** énonce les principaux thèmes et perspectives découlant des entrevues réalisées auprès de chefs d'entreprises mondiaux dans le domaine. Au total, 20 entrevues ont été menées auprès d'experts de l'IA (ingénieurs, dirigeants principaux de la technologie, directeurs généraux, etc.) de 8 pays et de 7 secteurs. Cette section présente les besoins opérationnels fondamentaux auxquels répond l'IA, les connaissances des personnes interrogées au sujet des développements, des réussites et des obstacles en matière d'IA au Canada, ainsi que les perceptions à l'égard du Canada comme destination d'investissement.



La **Section III** recense et décrit les utilisations essentielles et prometteuses de l'IA dans sept secteurs, soit la technologie numérique, la fabrication de pointe, les ressources naturelles, les technologies agricoles et océaniques, le transport et la logistique, les sciences de la vie, ainsi que les services commerciaux et financiers.



La **Section IV** conclut par une analyse des perspectives des répondants concernant la capacité du Canada d'attirer des IED en IA.

Une analyse démontrant les forces, les faiblesses, les possibilités et les menaces du Canada lorsque vient le temps d'attirer des IED dans le domaine est présentée à l'**annexe III**. Cette analyse, y compris un ensemble de perspectives provenant des chefs d'entreprises interrogés et d'autres recherches secondaires, peut servir d'instrument afin d'évaluer et d'améliorer les stratégies visant à attirer des IED en IA et technologie.

# L'ÉTAT MONDIAL DE L'IA : DÉVELOPPEMENTS AU CANADA ET À L'ÉTRANGER

## L'état de l'IA au Canada

Le Canada est maintenant reconnu comme un foyer florissant de recherches universitaires dans le secteur de l'IA.<sup>10</sup> En 2019, le Canada faisait partie des cinq principaux pays au monde à réaliser des recherches novatrices axées sur l'IA.<sup>11</sup> Partageant la vedette avec des pays comme les États-Unis, le Japon et le Royaume-Uni, le Canada est aussi en train de devenir un carrefour en pleine croissance pour les jeunes entreprises du secteur de l'IA. Accueillant plus de 650 jeunes entreprises, 40 accélérateurs et incubateurs d'entreprises, et plus de 60 laboratoires de recherche,<sup>12</sup> des villes comme Vancouver, Waterloo, Edmonton, Toronto, Montréal et Québec commencent à attirer l'attention en tant que carrefours mondiaux prometteurs en matière d'IA.<sup>13</sup> Selon les entreprises interrogées pour la présente étude, certaines de ces villes jouent un rôle dans le renforcement de l'écosystème d'IA du Canada, trois d'entre elles, soit Montréal, Edmonton et Toronto, étant reconnues comme des carrefours de recherche et de jeunes entreprises dans le domaine au Canada. Les profils suivants exposent les principaux développements au sein de ces grands carrefours canadiens.

<sup>10</sup> « How Canada became a hotspot for artificial intelligence ». DMZ Tech Accelerator : <https://dmz.ryerson.ca/artificial-intelligence/>.

<sup>11</sup> Gleb Chuvpilo. « AI Research Rankings 2019: Insights from NeurIPS and ICML, Leading AI Conferences ». Medium, 3 décembre 2019 : <https://medium.com/@chuvpilo/ai-research-rankings-2019-insights-from-neurips-and-icml-leading-ai-conferences-ee6953152c1a>.

<sup>12</sup> « Canadian AI Ecosystem 2018 ». jfgagne, 1er mai 2018 : <https://jfgagne.ai/canadian-ai-ecosystem-2018-en/>.

<sup>13</sup> Ibidem.



## Edmonton

### *L'Université de l'Alberta montre la voie*

Située à Edmonton, l'Université de l'Alberta s'est rapidement fait connaître en tant qu'établissement de premier ordre en informatique et intelligence artificielle. Accueillant le tout premier département d'informatique du Canada (ouvert en 1964), l'Université de l'Alberta emploie environ 20 membres du corps enseignant, lesquels travaillent directement en recherche sur l'IA et l'apprentissage machine.<sup>14</sup> Étant encore davantage sa capacité de recherche, l'Université de l'Alberta a récemment fait équipe avec un pionnier de l'IA d'Edmonton, l'Alberta Machine Intelligence Institute (Amii). Les deux collaborent à divers projets comme la création d'un compagnon numérique de clavardage pour les aînés albertains<sup>15</sup> tout en explorant des sujets plus vastes de l'apprentissage par renforcement. Présentement, le partenariat cible des domaines comme le développement de jeux, le processus décisionnel clinique et la gestion équilibrée du portefeuille financier.<sup>16</sup>

### *Amii : Attirer des investissements et soutenir la croissance de l'écosystème local*

Grâce à leur réputation internationale croissante, de grandes organisations comme DeepMind de Google, la Banque Royale du Canada, Mitsubishi Electric, IBM et Volkswagen<sup>17</sup> ont toutes fait équipe avec Amii pour réaliser des recherches sur des applications d'IA et des solutions connexes dans l'ensemble des secteurs. Parallèlement, des groupes de soutien aux jeunes entreprises locales collaborent aussi avec Amii afin de développer des talents canadiens et d'accélérer la croissance de l'écosystème local. Le groupe Edmonton. AI travaille avec Amii pour améliorer l'apprentissage machine et l'IA à Edmonton. Sa mission est de créer 100 entreprises et projets d'IA et d'apprentissage machine dans la ville.<sup>18</sup>

### *L'avenir des investissements en intelligence artificielle en Alberta*

Au début 2019, le gouvernement de l'Alberta a annoncé son intention d'investir 100 millions de dollars afin d'inviter des chefs de file mondiaux à investir en Alberta<sup>19</sup> dans le cadre de sa stratégie de diversification économique élargie. En plus d'attirer des investissements internationaux, cette somme de 100 millions de dollars devait aussi soutenir la croissance de l'écosystème national en formant plus de 6 000 Albertains en IA et apprentissage machine et en favorisant le développement de 140 autres entreprises dans le domaine.<sup>20</sup> Même s'il n'était pas certain qu'un changement de leadership provincial à l'été 2019 entraînerait l'annulation de cet investissement, aucun changement n'a été apporté au financement engagé antérieurement pour la recherche en IA et l'institut Amii dans le budget provincial de l'automne 2019.

<sup>14</sup> « About the Alberta Machine Intelligence Institute », Gouvernement de l'Alberta :

<https://investalberta.ca/organization-items/alberta-machine-intelligence-institute-amii/>.

<sup>15</sup> Andrew Lyle. « Avoiding elder loneliness using artificial intelligence », Université de l'Alberta, 31 octobre 2019 : <https://www.ualberta.ca/science/news/2019/october/avoiding-elder-loneliness-with-ai.html>.

<sup>16</sup> « Reinforcement Learning », Université de l'Alberta :

<https://www.ualberta.ca/admissions-programs/online-courses/reinforcement-learning/index.html>.

<sup>17</sup> « About the Alberta Machine Intelligence Institute », Gouvernement de l'Alberta :

<https://investalberta.ca/organization-items/alberta-machine-intelligence-institute-amii/>.

<sup>18</sup> « Western Canada's Ecosystem for AI/ML Technologies and Companies », Edmonton.AI : <https://edmonton.ai/>.

<sup>19</sup> « AI in Alberta get \$100M over 5 years », Start Alberta : <https://startalberta.com/news/ai-in-alberta-gets-100m-over-5-years>.

<sup>20</sup> Ibidem.

## Montréal

### *Des chercheurs de renommée mondiale y fourmillent*

Montréal héberge la plus forte concentration de chercheurs en IA au monde : 9 000 étudiants suivent des programmes axés sur l'IA<sup>21</sup> et plusieurs professionnels de la recherche y sont établis. Située au cœur du développement de cette réputation, l'Université McGill figurait au 35e rang du classement mondial des universités de QS en 2019. Les recherches en technologie et intelligence artificielle ont été reconnues comme étant « très importantes ». <sup>22</sup> L'Institut des algorithmes d'apprentissage de Montréal (Mila)<sup>23</sup> a été fondé par l'expert en IA Yoshua Bengio, un des informaticiens les plus cités dans le monde, connu pour ses travaux sur les réseaux neuronaux et l'apprentissage profond. L'Institut Mila est un autre pilier clé de la force de Montréal en recherche dans le secteur de l'IA. En 2018, le prix Turing, aussi connu comme le prix Nobel en informatique, a été remis à Yoshua Bengio (ainsi qu'au Franco-Américain Yann LeCun et à l'Anglo-Canadien Geoffrey Hinton).<sup>24</sup>

### *L'Institut Mila et bien plus*

Fondé en 1993 par Yoshua Bengio, l'Institut Mila a renforcé ses liens avec l'Université de Montréal et l'Université McGill en 2017 afin d'élargir ses activités, ses investissements et ses recherches en IA. Cette même année, l'Institut Mila a profité d'investissements considérables de la part du gouvernement et de l'industrie, notamment de chefs de file mondiaux de l'IA comme Google et Microsoft. Actuellement, la communauté de l'Institut Mila comprend plus de 450 chercheurs se spécialisant dans des domaines comme l'apprentissage profond, la bioinformatique, la vision par ordinateur et les réseaux neuronaux.

En plus de l'Institut Mila, Montréal accueille plus de 120 jeunes entreprises en IA, dont Element AI, une organisation aussi fondée par Yoshua Bengio. Element AI, l'entreprise canadienne d'IA la plus reconnue à l'échelle mondiale, utilise les recherches en IA pour développer des applications d'entreprise.

### *Supergrappe en action : Scale AI*

Partie intégrante de l'initiative des supergrappes du gouvernement fédéral canadien, Scale AI est un carrefour d'innovation en IA composé de membres de l'industrie, de chercheurs et de jeunes entreprises prometteuses de l'écosystème d'IA du Canada. Ayant pour but de faire avancer la position mondiale du Canada dans le secteur de l'IA et d'attirer des investissements étrangers de qualité, Scale AI a bénéficié d'un financement de plus de 250 millions de dollars de la part des gouvernements du Canada et du Québec<sup>25</sup> pour atteindre cet objectif. Le programme des supergrappes vise à harmoniser le financement du gouvernement avec celui du secteur privé.

<sup>21</sup> « Le Canada – Un leader en intelligence artificielle (IA) ». Investir au Canada :

[http://www.international.gc.ca/investors-investisseurs/assets/pdfs/download/secteurs\\_de\\_pointe-ia.pdf](http://www.international.gc.ca/investors-investisseurs/assets/pdfs/download/secteurs_de_pointe-ia.pdf).

<sup>22</sup> « McGill University ». QS Top Universities, 2020 : <https://www.topuniversities.com/universities/mcgill-university/postgrad>.

<sup>23</sup> « Institut québécois d'intelligence artificielle – Mila : Rapport annuel ». Décembre 2019 :

<https://mila.quebec/wp-content/uploads/2019/12/Mila-Rapport-Annuel-2019-v15-FR-single.pdf>.

<sup>24</sup> James Vincent. « 'Godfathers of AI' honored with Turing Award, the Nobel Prize for computing ». The Verge, 27 mars 2019 :

<https://www.theverge.com/2019/3/27/18280665/ai-godfathers-turing-award-2018-yoshua-bengio-geoffrey-hinton-yann-lecun>.

<sup>25</sup> « Qui nous sommes ». Scale AI : <https://www.scaleai.ca/fr/a-propos/>.

La mission de Scale AI est de favoriser la productivité dans l'ensemble de l'économie canadienne par l'intégration de l'IA, surtout dans les chaînes d'approvisionnement. Scale AI, une sorte d'accélérateur, recense les projets et entreprises prometteurs à la grandeur du Canada et offre à ces futurs chefs de file des ressources, du financement, des réseaux d'investissement et d'autres mesures de soutien afin qu'ils puissent croître et prendre de l'expansion. Jusqu'à présent, Scale AI a soutenu un total de 14 projets dans diverses industries, comme la vente au détail, les ressources naturelles et la technologie numérique. Ensemble, ils ont bénéficié d'un financement de plus de 32 millions de dollars pour développer et faire croître leurs entreprises.<sup>26</sup> Au bout du compte, Scale AI espère que le Canada deviendra un carrefour international du développement de l'IA.<sup>27</sup>

<sup>26</sup> Megan Simpson. « Supercluster Scale AI Has Chosen 14 Projects, Invested \$32 Million Since Receiving Funding ». Betakit, 15 janvier 2020 : <https://betakit.com/supercluster-scale-ai-has-chosen-14-projects-invested-32-million-since-receiving-funding/>.

<sup>27</sup> « Qui nous sommes ». Scale AI : <https://www.scaleai.ca/fr/a-propos/>.





## Toronto

### *Épicentre des jeunes entreprises canadiennes en IA et de l'avancement de la recherche*

Toronto accueille environ 250 jeunes entreprises en IA. Parmi elles se trouvent des chefs de file comme ecobee, un développeur de thermostats résidentiels intelligents, AlayaCare, une plateforme infonuagique pour les professionnels de la santé, et Xanadu, un développeur de processeurs photoniques quantiques et de plateformes logicielles de source ouverte.<sup>28</sup>

La présence croissante de Toronto dans le domaine de l'IA est fortement soutenue par des industries déjà établies comme le secteur des services financiers et des universitaires de renommée mondiale comme Geoffrey Hinton et Richard Zemel. Distingué professeur canadien à l'Université de Toronto, Geoffrey Hinton est souvent appelé le « parrain de l'apprentissage profond ».<sup>29</sup> Il a été classé parmi les 100 plus grands influenceurs au monde en 2016<sup>30</sup> et dirige l'équipe de Toronto pour Google Brain. Richard Zemel, également professeur d'informatique à l'Université de Toronto, se spécialise dans l'apprentissage machine et l'apprentissage non supervisé. Il a été choisi pour la Chaire de recherche industrielle Google/CRSNG sur l'apprentissage machine en 2018 et a obtenu plusieurs distinctions dans le domaine de l'IA, y compris le prix de pionnier de l'IA de NVIDIA. Ensemble, Geoffrey Hinton et Richard Zemel représentent deux personnalités incontournables du centre de recherche et développement en IA de Toronto, l'Institut Vecteur. Chargé de faire avancer le domaine de l'IA par le biais de recherches et d'applications en apprentissage profond et apprentissage machine,<sup>31</sup> l'Institut Vecteur a obtenu un financement de 135 millions de dollars en 2017 (sur 5 ans).<sup>32</sup>

### *Attirer les investissements et les talents mondiaux*

Chaque année, le Canada attire des talents technologiques qualifiés de partout dans le monde. Ces talents sont répartis dans l'ensemble du pays, les plus grandes concentrations étant observées à Toronto, à Vancouver et à Montréal. Toronto, bien que sous-estimée par rapport à bon nombre de carrefours technologiques américains reconnus, a été désignée comme le carrefour technologique qui croît le plus rapidement en Amérique du Nord en 2018 lorsqu'elle a surpassé la Silicon Valley en matière de création d'emplois en technologie.<sup>33</sup> Grâce à des systèmes de soutien essentiels comme le Creative Destruction Lab, MaRS et DCS Innovation Lab, Toronto est devenue un important carrefour technologique. Les recherches existantes suggèrent que la ville a profité d'un « afflux de cerveaux »<sup>34</sup> de talents technologiques de partout dans le monde.

<sup>28</sup> « Artificial Intelligence Startups in Toronto ». Tracxn, 2 août 2019 : <https://tracxn.com/explore/Artificial-Intelligence-Startups-in-Toronto>.

<sup>29</sup> « Heroes of Machine Learning – Top Experts and Researchers you should follow ». Analytics Vidhya, 17 juillet 2019 : <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2019/07/heroes-of-machine-learning-experts-researchers/>.

<sup>30</sup> « The Wired 100 ». Wired, 26 août 2016 : <https://www.wired.co.uk/article/wired-global-100>.

<sup>31</sup> « Vector Institute: Driving excellence in machine learning and deep learning ». Institut Vecteur, janvier 2019 : <https://vectorinstitute.ai/wp-content/uploads/2019/02/vector-institute-information-deck-2019m02d13.2.pdf>.

<sup>32</sup> « How is the Vector Institute Funded? ». Institut Vecteur : <https://vectorinstitute.ai/faq-items/how-is-the-vector-institute-funded/>.

<sup>33</sup> « Toronto tech: why Canada is attracting the 'best' people ». Financial Times : <https://www.ft.com/content/de63f33c-34e6-11e9-bd3a-8b2a211d90d5>.

<sup>34</sup> « Corporate America's visa loss is Canada's brain gain ». Financial Times : <https://www.ft.com/content/b99c0090-0a01-11e9-9fe8-acdb36967cfc>.

Grâce aux recherches inspirantes de l'Université de Toronto en IA,<sup>35</sup> ainsi qu'à la recherche et à la commercialisation en IA par l'Institut Vecteur, le recrutement de talents est également suivi de près par les investisseurs et les partenaires de l'industrie. L'Institut Vecteur a établi des partenariats avec plusieurs organisations comme la Banque Scotia, Accenture, Shopify et l'Hôpital St. Michael's. Leur but est de faire avancer le développement et la commercialisation de projets nationaux d'IA. Notamment, le partenariat avec l'Hôpital St. Michael's a mené à la création d'un système d'alerte précoce pour les patients qui doivent être transférés vers les unités de soins intensifs dans les hôpitaux.<sup>36</sup> Ces applications sont essentielles pour maintenir et gérer la capacité des systèmes de soins de santé surchargés. Alors que la COVID-19 met à rude épreuve l'infrastructure de soins de santé et la capacité des unités de soins intensifs, ces innovations pourraient s'avérer inestimables.

<sup>35</sup> « Canada aims to lead world in artificial intelligence », *Financial Times* : <https://www.ft.com/content/3110b1bc-148a-11e7-b0c1-37e417ee6c76>.

<sup>36</sup> Ian Gormely. « Vector Institute Kicks off Series of Pathfinder Projects Focused on Health AI Adoption », Vector Institute : <https://vectorinstitute.ai/2019/05/06/vector-institute-kicks-off-series-of-pathfinder-projects-focused-on-health-ai-adoption/>.



## Une nouvelle réalité : Développements clés en IA au Canada pendant la pandémie de la COVID-19

Au cours des dernières années, le Canada a connu une croissance rapide de ses recherches en IA. Ces recherches ont mené à la création de jeunes entreprises prometteuses à la grandeur du pays. Le Canada compte actuellement plus de 650 jeunes entreprises en IA, et près de 30 % de cette accélération a été observée en 2017–2018. En 2018 et 2019, une hausse rapide des investissements internationaux a été enregistrée dans le secteur de l'IA. Pendant cette période, des géants mondiaux comme Uber, Google, Facebook et Samsung ont tous établi des centres de recherche et des activités dans certaines villes canadiennes.<sup>37</sup>

Cette croissance devait se poursuivre en 2020, mais la pandémie de la COVID-19 l'a ralentie. Prenant naissance en Chine à la fin de 2019, la pandémie a maintenant fait des centaines de milliers de victimes. L'économie mondiale a également souffert. À la fin de mars 2020, l'indice du Standard and Poor's estimait une baisse austère et brutale du rendement économique, la croissance mondiale en 2020 ne devant guère dépasser 0 %.<sup>38</sup> Bien sûr, cette crise mondiale a affecté les perspectives économiques de l'ensemble des industries et des gouvernements, entraînant des changements monumentaux des priorités dans les chaînes d'approvisionnement ainsi qu'en matière de fabrication et d'investissement. D'autres recherches sont nécessaires afin de bien comprendre l'impact de la COVID-19 sur les perspectives d'investissements pour le Canada. Cependant, malgré l'incertitude, et la réalité parfois sombre, les innovateurs et les chercheurs canadiens en IA ont commencé à développer des solutions à cette crise mondiale.

Le ministère des Finances estime que les dépenses directes pour des mesures d'atténuation des impacts de la COVID-19 au Canada totaliseront plus de 100 milliards de dollars.<sup>39</sup> Ce financement comprend des milliards de dollars de soutien financier comme des reports de taxes, des gels de paiements des intérêts et des prestations d'assurance-emploi, ainsi que des mesures de soutien pour les étudiants et les nouveaux diplômés. Ces investissements initiaux ont été réalisés en partenariat avec des entreprises locales pour lutter contre la propagation de la COVID-19 dans l'ensemble du pays.

À la fin de mars 2020, le gouvernement fédéral a annoncé de nouveaux partenariats avec des fabricants canadiens et d'autres entreprises pour fabriquer les fournitures et le matériel médicaux nécessaires pour freiner la propagation de la maladie au pays. Cet investissement comprend 2 milliards de dollars pour des tests de diagnostic et la fabrication de ventilateurs et d'équipement de protection personnelle<sup>40</sup> dont les fournisseurs de soins ont désespérément besoin dans l'ensemble des provinces.

<sup>37</sup> Ian Gormely. « Vector Institute Kicks off Series of Pathfinder Projects Focused on Health AI Adoption ». Vector Institute : <https://vectorinstitute.ai/2019/05/06/vector-institute-kicks-off-series-of-pathfinder-projects-focused-on-health-ai-adoption/>.

<sup>38</sup> « Canada's AI imperative: from predictions to prosperity ». Deloitte, 2019 : <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/200330-economic-research-the-escalating-coronavirus-shock-is-pushing-2020-global-growth-toward-zero-11413969>.

<sup>39</sup> « Canada coronavirus measures worth 5% or more of GDP: finance minister ». Reuters, 1er avril 2020 : <https://www.msn.com/en-ca/money/topstories/canada-coronavirus-measures-worth-5percent-or-more-of-gdp-finance-minister/ar-BB122s00>.

<sup>40</sup> « Le premier ministre annonce de nouveaux partenariats avec les industries canadiennes pour lutter contre la COVID-19 ». Premier ministre du Canada, 31 mars 2020 : <https://pm.gc.ca/fr/nouvelles/communiqués/2020/03/31/premier-ministre-annonce-de-nouveaux-partenariats-les-industries>.

Particulièrement dans les domaines comme la fabrication de pointe, les sciences de la vie et l'IA, le gouvernement fédéral a financé, au début d'avril 2020, 49 nouveaux projets de recherche sur la COVID-19, totalisant maintenant près de 100 projets financés au coût de 55 millions de dollars.<sup>41</sup> Les principaux établissements postsecondaires bénéficiaires de ce financement incluent l'Université de la Colombie-Britannique (1,5 million pour 2 projets) et l'Université McGill (500 000 \$ pour 1 projet).<sup>42</sup> Les deux établissements développent actuellement des outils et des technologies axés sur l'IA pour lutter contre la COVID-19. Les projets entrepris sont les suivants :



**Université de la Colombie-Britannique** développement d'un pipeline d'amarrage accéléré d'apprentissage profond (algorithme d'apprentissage profond utilisé pour examiner virtuellement une banque de 1,3 milliard de composés commerciaux en 1 semaine, comparativement à 3 semaines pour les programmes précédents)<sup>43</sup> pour examiner des millions de composés « candidats » pour un vaccin contre la COVID-19;

**Université de la Colombie-Britannique** utilisation d'un assistant virtuel existant axé sur l'IA, WelTel, pour soutenir la surveillance à domicile des cas de COVID-19 et les contacts;



**McGill** développement d'un outil d'analyse des actualités axé sur l'IA pour comprendre comment les communautés et les agences de la santé publique répondent à la crise.

Bon nombre d'entreprises en IA et d'organisations de soutien du Canada tentent également de relever le défi de la réalité actuelle. Par exemple, l'Institut Vecteur a récemment dressé une liste d'outils, dont des ensembles de données et des recherches de source ouverte<sup>44</sup> pour toute personne désirent contribuer aux recherches sur la COVID-19, puis des industries commanditaires ont été mobilisées pour débloquer des ressources en vue de recherches sur le sujet.

Le logiciel créé par l'entreprise BlueDot de Toronto en est un autre exemple. BlueDot a développé un « logiciel de risque d'épidémie » axé sur l'IA qui fouille les actualités et repère des trajectoires et d'autres réseaux pour aider à anticiper la propagation et l'impact d'une maladie.<sup>45</sup> Après analyse, il envoie des alertes aux clients, dont des organismes gouvernementaux, des transporteurs aériens et des hôpitaux, concernant la propagation potentielle d'une maladie. BlueDot affirme avoir été la première au monde à recenser le risque émergent lié à la COVID-19 dans la province du Hubei.<sup>46</sup> À la lumière de ce succès, le gouvernement fédéral canadien a annoncé qu'il mettrait à profit la plateforme d'analyse des maladies de BlueDot pour guider le processus décisionnel continu.<sup>47</sup>

<sup>41</sup> « Le gouvernement du Canada finance 49 nouveaux projets de recherche sur la COVID-19 – détails des projets financés ». Gouvernement du Canada, 2 avril 2020 : <https://www.canada.ca/fr/instituts-recherche-sante/nouvelles/2020/03/le-gouvernement-du-canada-finance-49-nouveaux-projets-de-recherche-sur-la-covid-19--details-des-projets-finances.html>.

<sup>42</sup> Ibidem.

<sup>43</sup> « Augmented Discovery of Potential Inhibitors of SARS-COV-2 3CL Protease ». UBC COVID-19 Research : <https://covid19.research.ubc.ca/research/augmented-discovery-potential-inhibitors-sars-cov-2-3cl-protease>.

<sup>44</sup> « COVID-19 Updates ». Institut Vecteur : <https://vectorinstitute.ai/covid-19-updates/>.

<sup>45</sup> « Bluedot » : <https://bluedot.global/>.

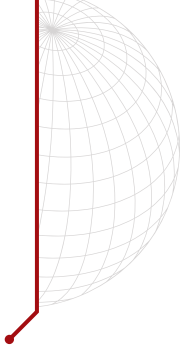
<sup>46</sup> Ibidem.

<sup>47</sup> « Le Plan canadien de mobilisation des sciences pour lutter contre la COVID-19 ». Premier ministre du Canada, 23 mars 2020 : <https://pm.gc.ca/fr/nouvelles/communiqués/2020/03/23/plan-canadien-de-mobilisation-des-sciences-lutter-contre-la-covid>.

Unissant leurs efforts en ce temps de crise, des chefs de file des trois principaux carrefours géographiques d'IA du Canada ont créé un groupe de travail spécial pour lutter contre la propagation de la COVID-19. L'Institut Mila, l'Institut Vecteur et Amii ont récemment fait équipe avec des chercheurs de l'Institut canadien de recherches avancées (CIFAR) afin de travailler ensemble sur des projets d'IA en lien avec la COVID-19.<sup>48</sup> Appelé « AI against COVID-19 », ce consortium d'experts ciblera des projets d'alerte, de dépistage et de prévision précoce, de diagnostic et de pronostic, ainsi que de traitement et de remède. Un des premiers projets à émerger de ce partenariat est un « système de pair à pair axé sur l'IA » inspiré par l'Institut Mila pour faire le suivi de la COVID-19. Le système utilise l'apprentissage machine pour prédire la probabilité qu'une personne soit affectée par le virus selon son historique de contacts et ses antécédents médicaux personnels.<sup>49</sup> Bien que des développements comme la localisation de contacts soulèvent des inquiétudes en matière de protection de la vie privée et de surveillance, de telles mesures pourraient s'avérer essentielles en l'absence d'un dépistage universel ou à grande échelle.

<sup>48</sup> « AI Against COVID-19 » : <https://ai-against-covid.ca/>.

<sup>49</sup> Yoshua Bengio. « Peer-to-peer AI-tracing of COVID-19 », Yoshua Bengio, 23 mars 2020 : <https://yoshuabengio.org/2020/03/23/peer-to-peer-ai-tracing-of-covid-19/>.



## L'état de l'IA dans le monde

Ce serait certainement un euphémisme de dire que l'IA a attiré l'attention partout dans le monde. Mondialement, de nombreuses nations ont remarqué sa capacité de favoriser la croissance économique, de générer des niveaux inédits d'efficacité, et de créer des solutions aux grands défis sociétaux, comme la pandémie actuelle. Les investissements mondiaux sont en hausse dans les secteurs de la recherche sur l'IA, du développement de produits et de la commercialisation, alors que les nations se dépêchent de développer des applications notamment dans les secteurs de la fabrication, des sciences de la vie, du transport, de la logistique et de l'application de la loi. Les sections suivantes, qui se veulent simplement un aperçu des avancées déterminantes dans la course mondiale pour le développement de produits d'IA, présentent les progrès clés réalisés aux États-Unis, en Chine et en Union européenne.



## Développements de l'IA aux États-Unis

### Part prédominante du marché mondial

Quelque 4 500 entreprises publiques d'IA étaient exploitées dans le monde en 2018.<sup>50</sup> De ce nombre, environ la moitié étaient situées aux États-Unis. Leur plus proche concurrent quant au nombre d'entreprises était la Chine, qui accueillait un peu plus de 1 000 entreprises. L'impact des entreprises d'IA situées aux États-Unis est également considérable en ce qui concerne les investissements. Ces entreprises américaines d'IA ont généré près de 50 % plus de financement par investissement que les entreprises d'IA situées en Chine.<sup>51</sup> Alors que le plus grand bassin du monde de géants des technologies est en mesure de soutenir les investissements réalisés aux États-Unis, des chefs de file comme Google, Intel, Salesforce, IBM et Microsoft ont investi des millions de dollars de capitaux pour aider des entreprises nationales d'IA à croître. En 2019, Intel a réalisé un total de 19 investissements dans de jeunes entreprises d'IA, alors que Google arrive en seconde place pour 16 investissements et Microsoft en troisième pour 11 investissements.<sup>52</sup>

Aux États-Unis, bon nombre de produits d'IA sont intéressants pour les consommateurs. Des assistants comme Google Home et Amazon Echo font partie des cadeaux les plus vendus, liant effectivement l'IA à la technologie des maisons intelligentes au moyen de serveurs vocaux intelligents.<sup>53</sup> L'entreprise américaine d'IA AEye en est un autre exemple important. AEye est une plateforme de perception en deux et trois dimensions utilisées pour faire fonctionner les capteurs des véhicules automobiles. L'entreprise utilise la visionique pour agir comme les « yeux » des véhicules autonomes, alors que les algorithmes de l'apprentissage machine trient, classent et répondent aux objets.<sup>54</sup>

Alors que les États-Unis dominent le marché mondial de l'IA quant au nombre

<sup>50</sup> « Number of AI companies worldwide as of June 2018, by country », Statista 2020 : <https://www.statista.com/statistics/941054/number-of-ai-companies-worldwide-by-country/>.

<sup>51</sup> Masha Borak. « China vs. US: Who is winning the big AI battle? », TechNode, 22 octobre 2017 : <https://technode.com/2017/10/22/china-vs-us-ai/>.

<sup>52</sup> Reinhardt Krause. « Intel, Google Top Venture Investors in Artificial Intelligence Startups », Investor's Business Daily, 11 mars 2020 : <https://www.investors.com/news/technology/artificial-intelligence-startups-ai-startups-intel-google-invest/>.

<sup>53</sup> Geoffrey A. Fowler. « I live with Alexa, Google Assistant, and Siri. Here's which one you should pick », The Washington Post, 21 novembre 2018 : <https://www.washingtonpost.com/technology/2018/11/21/i-live-with-alexa-google-assistant-siri-heres-which-you-should-pick/>.

<sup>54</sup> <https://www.aeye.ai/>.

d'entreprises, de récentes modifications réglementaires compromettent la capacité de ces produits de cheminer jusqu'aux consommateurs. En janvier 2020, des restrictions réglementaires sur le commerce sont entrées en vigueur, exigeant que les entreprises américaines qui exportent des produits d'IA servant aux analyses géospatiales fassent une demande de permis d'exportation pour ces produits.<sup>55</sup> Bien que les exportations vers le Canada se soustraient à ce processus, ces nouvelles restrictions auraient été établies pour tenir des puissances rivales, notamment la Chine, à l'écart des technologies d'IA créées aux États-Unis.<sup>56</sup>

### ***Établissements d'enseignement et réseaux de soutien solides***

Comme précisé précédemment, les États-Unis détiennent environ la moitié de la part de marché mondial en IA. Le pays est actuellement le chef de file incontesté dans le domaine. Il accueille de nombreuses entreprises d'IA en pleine croissance et de jeunes entreprises novatrices, dont plusieurs reçoivent le soutien d'organismes gouvernementaux comme le département de la Justice, la Commission des valeurs mobilières des États-Unis et la NASA. Ces organismes gouvernementaux mettent actuellement à l'essai plusieurs projets pilotes d'IA aux États-Unis. Les plus récentes recherches soulignent l'existence de plus de 150 cas pratiques dans plus de 60 organismes américains.<sup>57</sup>

Étonnamment, les trois principaux carrefours d'IA aux États-Unis font partie des trois plus importants carrefours technologiques américains, soit San Francisco, New York et Boston. San Francisco est le foyer de certains des plus grands incubateurs de jeunes entreprises au monde, aux côtés d'établissements de renommée mondiale comme le laboratoire d'IA de l'Université Stanford, le centre d'intelligence artificielle de SRI International, et le laboratoire d'IA quantique de la NASA et de Google. La région du Grand Boston accueille l'Institut de technologie du Massachusetts (MIT), actuellement classée comme la meilleure université au monde.<sup>58</sup> Boston est considérée comme le deuxième carrefour d'IA en importance aux États-Unis et la première destination pour les développements biopharmaceutiques. Elle accueille aussi des établissements comme le Centre for Brains, Minds & Machines, ainsi que le laboratoire d'intelligence artificielle et d'informatique du MIT. La ville de New York est le troisième carrefour d'IA en importance aux États-Unis, profitant du généreux soutien d'établissements comme l'Institut Courant de sciences mathématiques de l'Université de New York et le groupe de recherche en IA de Facebook (FAIR).

### ***Développements clés en 2020 : Les chefs de file américains en IA luttent contre la COVID-19***

Alors que les États-Unis sont maintenant l'épicentre de la pandémie de la COVID-19, plusieurs croient que l'utilisation de l'IA dans le secteur des sciences de la vie peut jouer un rôle clé dans le ralentissement de la propagation de la maladie. De nombreux développements ont eu lieu au cours des dernières semaines pour

<sup>55</sup> Liam Tung. « Tech trade ban: Exporting AI is going to get harder, says US ». ZDNet, 6 janvier 2020 : <https://www.zdnet.com/article/tech-trade-ban-exporting-ai-is-going-to-get-harder-says-us/>.

<sup>56</sup> Ibidem.

<sup>57</sup> Stephen Kanowitz. « Where to find AI in federal agencies », GCN Insider Newsletter, 3 mars 2020 : <https://gcn.com/articles/2020/03/03/ai-use-cases-federal-agencies.aspx>.

<sup>58</sup> « QS World University Rankings 2020 ». QS Top Universities, 2020 : <https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2020>.

répondre à la crise. Particulièrement, de nouveaux fonds ont été offerts par les National Institutes of Health des États-Unis afin que les chercheurs et les entreprises élaborent des solutions à la crise de la COVID-19.<sup>59</sup> Des initiatives menées par l'industrie, indépendantes ou conjointes, retiennent également l'attention. Basée à Netanya, en Illinois, une entreprise nommée CLEW utilise l'apprentissage machine et l'analyse avancée des données pour établir des modèles de prévision à l'échelle du patient individuel.<sup>60</sup> Selon les dirigeants de CLEW, ce processus peut s'appliquer aux patients des unités de soins intensifs pour améliorer les résultats et réduire le fardeau sur le système de soins de santé. De même, l'entreprise biotechnologique de Californie BreathResearch utilise l'analytique prédictive pour faire le suivi des troubles et des maladies respiratoires. Pour lutter contre la COVID-19, l'entreprise croit qu'elle peut fournir d'importantes données pour la détection et le traitement précoces au moyen d'un test pulmonaire d'une minute.<sup>61</sup> Les géants technologiques Apple et Google ont fait équipe afin de fournir de l'information à leurs utilisateurs sur la propagation de la COVID-19. Ensemble, ces entreprises collaborent afin de développer une technologie qui alerte les utilisateurs s'ils ont été en contact avec des personnes qui ont été infectées par le virus.<sup>62</sup>

<sup>59</sup> « Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): Information for NIH Applicants and Recipients of NIH Funding ». National Institutes of Health, 14 avril 2020 : <https://grants.nih.gov/policy/natural-disasters/corona-virus.htm>.

<sup>60</sup> « Clew: The Future of Artificial Intelligence » : <https://clewmed.com/>.

<sup>61</sup> « How COVID-19 Is Sparking a New Wave of Health Innovation ». Startup Health, 10 mars 2020 : <https://healthtransformer.co/how-covid-19-is-sparking-a-new-wave-of-health-innovation-a6f09ed1d53f>.

<sup>62</sup> Leo Kelion. « Coronavirus: Apple and Google team up to contact trace COVID-19 ». BBC News, 10 avril 2020 : <https://www.bbc.com/news/technology-52246319>.





## Développements de l'IA en Chine

### *Une croissance rapide des entreprises, mais des investissements truffés de questions éthiques*

En 2018, près du quart des entreprises d'IA au monde étaient situées en Chine.<sup>63</sup> En plus du grand nombre de chercheurs et de scientifiques au pays, les données concernant ses 1,3 milliard de citoyens en font un actif important pour la Chine dans la course à l'IA. Ces facteurs, combinés à la croissance rapide de l'économie chinoise observée au cours des dernières années, pourraient indiquer que la Chine continuera d'élargir son leadership mondial en matière d'IA.

Les grandes entreprises d'IA en Chine incluent SenseTime, une entreprise de logiciels-services en IA fondée à Hong Kong qui détient des bureaux dans l'ensemble de la Chine continentale. SenseTime est présentement considérée comme la jeune entreprise ayant la plus grande valeur au monde,<sup>64</sup> ayant bénéficié d'investissements notamment de la part de Qualcomm, de Fidelity International et de Hopu Capital. CloudWalk, un autre chef de file de l'IA de Chine, a fait une percée dans le domaine de la technologie de reconnaissance faciale. Combinant la visionique et les réseaux neuronaux, la base de données fait plus de 1 milliard de comparaisons faciales par jour. Jusqu'à présent, elle a accumulé plus de 100 milliards de points de données.<sup>65</sup> Les plateformes de CloudWalk ont été adoptées à grande échelle en Chine.<sup>66</sup> Les promoteurs de la technologie affirment qu'elle a été une ressource inestimable pour aider la police à arrêter plus de 10 000 criminels,<sup>67</sup> alors que d'autres soulèvent des questions importantes quant au rôle de l'entreprise, en plus d'autres entreprises « licornes » comme SenseTime et Megvii, dans le maintien du réseau de surveillance omniprésent du pays.<sup>68</sup>

Des questions importantes sur l'utilisation des données et l'éthique en IA ont sans aucun doute joué un rôle dans la capacité de la Chine de décrocher des investissements internationaux. Une comparaison du financement de l'industrie pour des produits de l'IA au cours des 10 dernières années en Chine et aux États-Unis indique que les États-Unis, bien que les investissements aient augmenté dans les deux pays, bénéficient d'environ 3 fois plus d'investissements que la Chine (près de 45 milliards de dollars en 2017 aux États-Unis par rapport à moins de 15 milliards de dollars en Chine).<sup>69</sup>

<sup>63</sup> « Number of artificial intelligence (AI) companies worldwide as of June 2018, by country ». Statista, 2020 : <https://www.statista.com/statistics/941054/number-of-ai-companies-worldwide-by-country/>.

<sup>64</sup> Bernard Marr. « Meet the World's Most Valuable AI Startup: Chian's SenseTime ». Forbes, 17 juin 2019 :

<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2019/06/17/meet-the-worlds-most-valuable-ai-startup-chinas-sensetime/#4720568c309f>.

<sup>65</sup> Iris Deng. « This state-backed AI unicorn has helped Chinese police arrest 10,000 criminals ». South China Morning Post, 28 mars 2019 : <https://www.scmp.com/tech/start-ups/article/3003686/state-backed-ai-unicorn-has-helped-chinese-police-arrest-10000>.

<sup>66</sup> « Meet China's 5 biggest AI companies ». Forum économique mondial, 20 septembre 2018 : <https://www.weforum.org/agenda/2018/09/the-top-5-chinese-ai-companies/>.

<sup>67</sup> Iris Deng. « This state-backed AI unicorn has helped Chinese police arrest 10,000 criminals ». South China Morning Post, 28 mars 2019 : <https://www.scmp.com/tech/start-ups/article/3003686/state-backed-ai-unicorn-has-helped-chinese-police-arrest-10000>.

<sup>68</sup> Ibidem.

<sup>69</sup> Masha Borak. « China vs. US: Who is winning the big AI battle? ». TechNode, 22 octobre 2017 : <https://technode.com/2017/10/22/china-vs-us-ai/>.

## **Carrefours chinois émergents en IA**

Des plus de 1 000 entreprises d'IA de la Chine, environ 40 % se trouvent à Beijing, alors qu'un autre 15 % sont situées à Shenzhen. Les entreprises Baidu à Beijing et SenseTime à Shenzhen obtiennent beaucoup de succès, contribuant à attirer l'attention sur ces villes en tant que carrefours internationaux d'IA.<sup>70</sup> La ville de Hangzhou, bien que plus petite, a également bénéficié d'une certaine reconnaissance puisqu'elle accueille l'une des plus grandes entreprises technologiques au monde, Alibaba. Jusqu'à présent, plus de 1 000 brevets ont été déposés par des entreprises de Hangzhou.<sup>71</sup> Les autres carrefours d'IA émergents incluent Shanghai et Hefei, cette dernière ayant récemment établi la première bibliothèque nationale de Chine pour la technologie d'intelligence artificielle « modelée sur le cerveau ».<sup>72</sup>

Certaines des plus grandes entreprises technologiques mondiales, comme Alibaba et Baidu, ainsi que de jeunes entreprises prometteuses comme SenseTime, utilisent les innovations de la Chine en IA. Grâce à cette présence croissante, à la disponibilité des talents qualifiés et à l'accès sans précédent aux données, certains experts estiment que la Chine pourrait surpasser les États-Unis en tant que chef de file mondial de la recherche en IA d'ici 2021.<sup>73</sup> Reconnaisant ce potentiel, la Chine a annoncé son objectif d'être le chef de file mondial de l'IA d'ici 2030.<sup>74</sup>

## **Développements clés en 2020 : Les chefs de file chinois en IA luttent contre la COVID-19**

La pandémie de la COVID-19 a pris naissance à Wuhan. Le pays a rapidement concentré ses efforts pour résoudre la crise sanitaire. Des avancées radiologiques comme les tomodensitogrammes assistés par l'IA ont été testées en Chine, un processus qui a permis une détection plus rapide du virus dans les services de radiologie.<sup>75</sup>

Pendant que le virus continuait à se répandre dans l'ensemble du pays, la Chine a usé de ses « avantages » (accès aux données sur les citoyens, acceptation à grande échelle de la technologie de surveillance, etc.) pour développer de nouvelles interventions, que certains diraient même nécessaires. Selon le directeur général de l'Administration du cyberspace de Chine chargé de la coopération internationale, la Chine a utilisé des technologies comme l'IA, la blockchain (chaîne de blocs) et même la 5G pour lutter contre la pandémie de la COVID-19. Pour freiner la propagation de l'infection, la Chine a mis l'IA à profit en menant des contrôles dans les réseaux de transports en commun par la prise de température assistée par l'IA. L'entreprise Wuhan Guide Infrared Co., Ltd a développé une nouvelle technologie de mesure de la température fondée sur la vision par ordinateur et la technologie infrarouge.<sup>76</sup> Elle a été déployée à grande échelle en Chine afin d'identifier les personnes dont la température corporelle est élevée. Les personnes dont la température corporelle était anormale étaient ensuite contactées et devaient s'isoler.

<sup>70</sup> Synced. « 2017 in Review: 10 Leading AI Hubs ». Medium, 18 décembre 2017 :

<https://medium.com/syncedreview/2017-in-review-10-leading-ai-hubs-e6f4d8a247ee>.

<sup>71</sup> « Top 10 Chinese Cities for AI Development: Beijing Ranks No.1 ». Synced, 9 septembre 2019 :

<https://syncedreview.com/2019/09/09/top-10-chinese-cities-for-ai-development-beijing-ranks-no-1/>.

<sup>72</sup> Ibidem.

<sup>73</sup> Will Knight. « China may overtake the US with the best AI in just two years ». MIT Technology Review, 13 mars 2019 :

<https://www.technologyreview.com/2019/03/13/136642/china-may-overtake-the-us-with-the-best-ai-research-in-just-two-years/>.

<sup>74</sup> Joe McDonald. « China announces goal of AI leadership by 2030 ». AP, 20 juillet 2017 :

<https://apnews.com/b43da0d919ee46feb0e185668a2be263/China-announces-goal-of-ai-leadership-by-2030>.

<sup>75</sup> Julian Liu, et autres. « Artificial Intelligence Assisted Radiology Technologies Aid COVID-19 Fight in China ». ITN, 27 mars 2020 :

<https://www.itnonline.com/article/artificial-intelligence-assisted-radiology-technologies-aid-covid-19-fight-china>.

<sup>76</sup> Qi Xiaoxia. « How next-generation information technologies tackled COVID-19 in China ». Forum économique mondial, 8 avril 2020 :

<https://www.weforum.org/agenda/2020/04/how-next-generation-information-technologies-tackled-covid-19-in-china/>.



## Développements de l'IA en Union européenne

### *Soutien solide pour le développement éthique de l'IA de la part de la Commission européenne*

En tant que groupe, l'Union européenne reconnaît la nécessité de faire avancer la recherche en IA. En vertu du cadre Horizon 2020 pour la recherche et le développement, plus de 2,5 milliards d'euros ont été affectés à des projets d'IA dans les domaines de la robotique, des données massives, de la santé, du transport et des technologies émergentes. Cet investissement initial dans le cadre de l'initiative Horizon 2020 sera suivi d'un investissement de 100 milliards d'euros dans le cadre du projet Horizon Europe, le futur programme-cadre de recherche et d'innovation de l'Union européenne qui devrait être lancé en janvier 2021. Les détails de la répartition du financement pour les projets d'IA de l'initiative Horizon Europe n'ont pas encore été mis au point, mais le programme global cible trois piliers clés : « science d'excellence », « problématiques mondiales et compétitivité industrielle européenne » et « Europe plus innovante ».<sup>77</sup> Bon nombre de ces secteurs sont susceptibles d'être liés à l'IA.

Pendant ce temps, d'autres développements ont été lancés par la Commission européenne afin d'améliorer la capacité concurrentielle de l'Union européenne et de s'assurer que les développements en IA reflètent les valeurs fondamentales de l'Union européenne. Alors que l'Union européenne est un chef de file mondial de l'analyse de l'IA d'un point de vue éthique, juridique et socioéconomique, les activités suivantes ont été entreprises par la Commission européenne en matière d'IA :

**10 avril 2018** la Journée du numérique<sup>78</sup> est créée (les États membres signent la déclaration pour coopérer en matière d'IA);

**25 avril 2018** une stratégie européenne en matière d'IA<sup>79</sup> est créée, laquelle entraîne une hausse des investissements publics et privés totalisant 20 milliards d'euros par année au cours de la prochaine décennie afin de se préparer aux changements socioéconomiques et d'établir les cadres éthiques et juridiques appropriés;

**1<sup>er</sup> juin 2018** des groupes d'experts en IA sont désignés et le forum AI Alliance<sup>80</sup> est lancé;

**6 juin 2018** le programme DIGITALEUROPE<sup>81</sup> est proposé (2,5 milliards d'euros pour le déploiement de l'IA);

<sup>77</sup> « Horizon Europe – the next research and innovation framework programme ». Commission européenne : [https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme\\_en](https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en).

<sup>78</sup> « Journée du numérique 2019 : les pays de l'UE adhéreront à trois initiatives en matière de coopération numérique ». Commission européenne, 8 avril 2019 : [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP\\_19\\_2015](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fr/IP_19_2015).

<sup>79</sup> « Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions ». Commission européenne, 25 avril 2018 : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0237&from=FR>.

<sup>80</sup> Cécile Huet. « Artificial Intelligence strategy for Europe ». Commission européenne, juillet 2018 : [https://www.ijcai-18.org/wp-content/uploads/2018/07/1\\_20180717\\_IJCAI\\_ECAI\\_Cecile-Huet.pdf](https://www.ijcai-18.org/wp-content/uploads/2018/07/1_20180717_IJCAI_ECAI_Cecile-Huet.pdf).

<sup>81</sup> « Digital Europe Programme: a proposed €9.2 Billion for funding for 2021-2027 ». Commission européenne, 26 juin 2019 : <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/digital-europe-programme-proposed-eu92-billion-funding-2021-2027>.

**7 juin 2018** le programme Horizon Europe<sup>82</sup> est proposé, le plus important programme de recherche et développement de l'Union européenne jamais créé, totalisant 100 milliards d'euros;

**7 décembre 2018** un plan coordonné au sein de l'Union européenne est lancé pour promouvoir l'IA produite en Europe (tous les pays de l'Union européenne doivent élaborer leurs propres stratégies en matière d'IA d'ici la mi-2019);

**18 décembre 2018** une consultation est entreprise sur l'ébauche des lignes directrices éthiques par le groupe d'experts en IA;

**1<sup>er</sup> janvier 2019** le projet AI4EU<sup>83</sup> est lancé;

**8 avril 2019** la Commission européenne présente son approche pour renforcer la confiance dans l'IA centrée sur la personne;

**9 avril 2019** les présentations sur la Journée du numérique traitent des lignes directrices éthiques en matière d'IA;

**26 juin 2019** le groupe d'experts en IA formule des recommandations de politiques et d'investissements (le projet sur les lignes directrices éthiques en matière d'IA entre dans la phase pilote);

**19 février 2020** la Commission européenne publie son livre blanc intitulé Intelligence artificielle – Une approche européenne axée sur l'excellence et la confiance.<sup>84</sup>

Le livre blanc est un prologue à un ensemble de lois et de règlements régissant l'IA. Ces règles auront un impact considérable. Comme d'autres lois européennes sur la protection de la vie privée, ces lois s'appliqueront à quiconque vend des produits ou des services à des citoyens européens, traite des données concernant des citoyens européens, ou emploie des citoyens européens. La publication du rapport a suscité des critiques de la part de membres de l'industrie et de décideurs politiques qui estiment qu'il met trop l'accent sur les utilisations potentiellement négatives de l'IA<sup>85</sup> et simplifie à outrance les concepts comme l'explicabilité et la catégorisation vague des scénarios de risque faible et élevé en lien avec l'IA.<sup>86</sup>

### ***Croissance des entreprises et émergence de carrefours d'IA***

L'industrie européenne de l'IA est considérée comme florissante et grandissante : plus de 3 000 entreprises<sup>87</sup> œuvrent dans des secteurs comme l'analyse des données, la vente, le marketing, les soins de santé, l'automatisation des processus et la

<sup>82</sup> « Horizon Europe – the next research and innovation framework programme ». Commission européenne : [https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme\\_en](https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en).

<sup>83</sup> <https://www.ai4eu.eu/>

<sup>84</sup> « Livre blanc : Intelligence artificielle – Une approche européenne axée sur l'excellence et la confiance ». Commission européenne, 19 février 2020 : [https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020\\_fr.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_fr.pdf).

<sup>85</sup> Smriti Srivastava. « What are the main problems of EU's recently issued AI strategy? ». Analytics Insight, 27 février 2020 : <https://www.analyticsinsight.net/main-problems-eus-recently-issued-ai-strategy/>.

<sup>86</sup> Jeremy Kahn. « The problem with the EU's AI strategy ». Fortune, 25 février 2020 : <https://fortune.com/2020/02/25/eu-ai-whitepaper-eye-on-ai/>.

<sup>87</sup> « Europe Artificial Intelligence Companies ». Crunchbase : <https://www.crunchbase.com/hub/europe-artificial-intelligence-companies>.

reconnaissance d'images.<sup>88</sup> Stockholm, Amsterdam et Berlin sont les principaux carrefours d'IA : Stockholm compte quelque 1 166 emplois en IA par million d'habitants, Amsterdam en compte 730, et Berlin, 677.<sup>89</sup> Le leadership dans le domaine est un objectif du gouvernement allemand depuis plusieurs années maintenant. En 2018, l'Allemagne a lancé une initiative de numérisation à grande échelle afin de devenir ultimement un chef de file mondial en IA.<sup>90</sup>

Il existe des exemples notables de développement de produits d'IA et de collaboration en recherche en Union européenne et dans l'ensemble des États membres. Le projet MURAB (biopsie robotisée à ultrasons et par IRM) a pour but d'améliorer la précision et l'efficacité des diagnostics de cancer établis au moyen de biopsies en utilisant l'IA. Grâce au soutien des Pays-Bas, de l'Italie, de l'Allemagne et de l'Autriche, le projet MURAB a permis de réduire les temps de biopsie d'une heure à 15 minutes et d'améliorer radicalement le taux de diagnostics exacts.<sup>91</sup> De même, le projet AEROARMS porte sur des méthodes mécatroniques de conception et de contrôle pour la mise en œuvre de robots aériens dotés de bras pour attraper des objets. En collaboration avec l'Espagne, l'Allemagne, la France, l'Italie et la Suisse, le projet AEROARMS a permis de développer le premier système robotisé aérien doté de bras capables de faire des manipulations évoluées.<sup>92</sup>

De nombreux développements clés ont été observés au sein des jeunes entreprises de l'Union européenne, alors que bon nombre de nations génèrent des applications d'IA qui répondent à divers besoins sectoriels. Au début de mars 2020, CB Insights a publié son classement des 100 jeunes entreprises d'IA les plus prometteuses au monde.<sup>93</sup> Six entreprises situées dans quatre pays de l'Union européenne se trouvaient sur cette liste. En France, Heuritech développe une solution de reconnaissance automatique en temps réel facilitée par l'apprentissage profond pour les objets, y compris les formes et les personnes.<sup>94</sup> KONUX, qui crée des capteurs intelligents utilisant l'analytique avancée pour assurer la maintenance préventive de produits industriels, et NavVis, qui développe des jumeaux numériques entièrement gérés, sont toutes deux établies en Allemagne. Sherpa, située en Espagne, offre un assistant numérique à double plateforme qui utilise l'apprentissage machine pour anticiper les besoins des utilisateurs. Mapillary, qui utilise la vision par ordinateur pour créer de meilleures cartes, et PerceptiLabs, qui propose une façon unique de créer et de visualiser des modèles utilisés par des scientifiques des données, des ingénieurs de l'apprentissage machine et des développeurs,<sup>95</sup> sont établies en Suède.

<sup>88</sup> Fabian. « The European Artificial Intelligence Landscape: More than 400 AI companies built in Europe ». Medium, 31 juillet 2017 : <https://medium.com/cityai/the-european-artificial-intelligence-landscape-more-than-400-ai-companies-built-in-europe-bd17a3d499b>.

<sup>89</sup> « Top 10 European cities for AI development ». Net Imperative, 16 novembre 2018 : <http://www.netimperative.com/2018/11/16/top-10-european-cities-for-ai-development/>.

<sup>90</sup> « Germany launches digital strategy to become artificial intelligence leader ». DW, 15 décembre 2018 : <https://www.dw.com/en/germany-launches-digital-strategy-to-become-artificial-intelligence-leader/a-46298494>.

<sup>91</sup> « Using artificial intelligence to detect cancer and other diseases ». Commission européenne, 9 avril 2018 : <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/using-artificial-intelligence-detect-cancer-and-other-diseases>.

<sup>92</sup> « Aerial robotics systems and AI to make checks on industrial pipelines safer ». Commission européenne, 10 avril 2018 : <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/aerial-robotics-systems-and-ai-make-checks-industrial-pipelines-safer>.

<sup>93</sup> « AI 100: The Artificial Intelligence Startups Redefining Industries ». CB Insights, 3 mars 2020 : <https://www.cbinsights.com/research/artificial-intelligence-top-startups/>.

<sup>94</sup> « These 15 European companies are selected among the top 100 promising AI startups in the world ». Silicon Canals, 16 mars 2020 : <https://siliconcanals.com/news/top-artificial-intelligence-startups-europe/>.

<sup>95</sup> Ibidem.

### ***Développements clés en 2020 : Les chefs de file européens en IA luttent contre la COVID-19***

Lorsque l'épicentre de la pandémie de la COVID-19 a frappé l'Europe au début de mars 2020, bon nombre d'organisations européennes ont recentré leurs activités opérationnelles pour lutter contre la propagation de la COVID-19. Par exemple, les hôpitaux, tant universitaires que non universitaires, se sont montrés disposés à partager des données pour former des algorithmes au moyen de la technique d'apprentissage fédéré. L'apprentissage fédéré permet de former un modèle à l'aide des données stockées dans plusieurs hôpitaux, sans même que les données quittent les hôpitaux ou ne touchent un serveur privé.<sup>96</sup> Des modèles distincts sont formés dans chaque hôpital au moyen des données locales, qui sont ensuite téléchargées vers un serveur central. Lorsque de nouvelles données sont acquises, les hôpitaux peuvent ensuite les télécharger dans le plus récent modèle maître. Dans le cadre de ce processus, aucune donnée brute n'est échangée.<sup>97</sup> Cette pratique peut être utilisée pour tester la résistance d'un échantillon élargi de patients à des médicaments et aider ultimement à développer un vaccin contre la COVID-19.

L'industrie de l'IA en Union européenne s'est unie pour lutter contre la COVID-19. Dans le cadre du projet [imagingcovid19ai.eu](https://imagingcovid19ai.eu), les hôpitaux transfèrent des données à QUIBIM, une entreprise d'Espagne qui cherche à améliorer la santé humaine en appliquant le traitement d'images à des images radiologiques, aidant ainsi à détecter des anomalies causées par des maladies. QUIBIM forme ensuite ses algorithmes pour lire des tomodensitogrammes du thorax en vue du dépistage de la COVID-19 chez les patients ayant des troubles respiratoires. Cette méthode est une amélioration par rapport à la précédente, c'est-à-dire les tests PCR-CDNA, qui sont très sensibles aux tests viraux et actuellement disponibles en quantités limitées.<sup>98</sup>

<sup>96</sup> Karen Hao. « A little-known AI method can train on your health data without threatening your privacy ». MIT Technology Review, 11 mars 2019 : <https://www.technologyreview.com/2019/03/11/136710/a-little-known-ai-method-can-train-on-your-health-data-without-threatening-your-privacy/>.

<sup>97</sup> Ibidem.

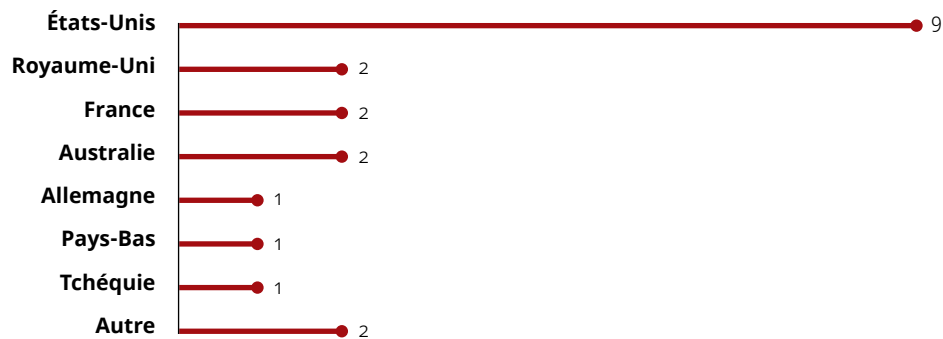
<sup>98</sup> « Europe seeks to harness power of AI in COVID-19 crisis ». Physics World, 2 avril 2020 : <https://physicsworld.com/a/europe-seeks-to-harness-power-of-ai-in-covid-19-crisis/>.

# PERCEPTIONS MONDIALES À L'ÉGARD DU CANADA DANS LE PAYSAGE DE L'IA

## Rendez-vous avec des experts : Discussions avec des chefs de file de l'industrie

Pour orienter l'étude, le CTIC a mené 20 entrevues auprès d'experts de l'industrie (y compris des directeurs généraux, des dirigeants principaux de la technologie, des directeurs et des responsables techniciens) provenant d'entreprises internationales dotées d'une capacité d'investissement. Ces entrevues ont été essentielles pour mener des recherches primaires approfondies sur des questions relatives à des cas pratiques en IA, aux besoins d'investissements, aux perceptions du Canada comme destination d'investissement, et à la connaissance des avancées du Canada en IA. Les personnes interrogées provenaient d'entreprises de huit pays et de sept secteurs différents. Une ventilation de ces entrevues est présentée ci-après.

**Tableau 1. Entrevues par pays (20 entrevues)**

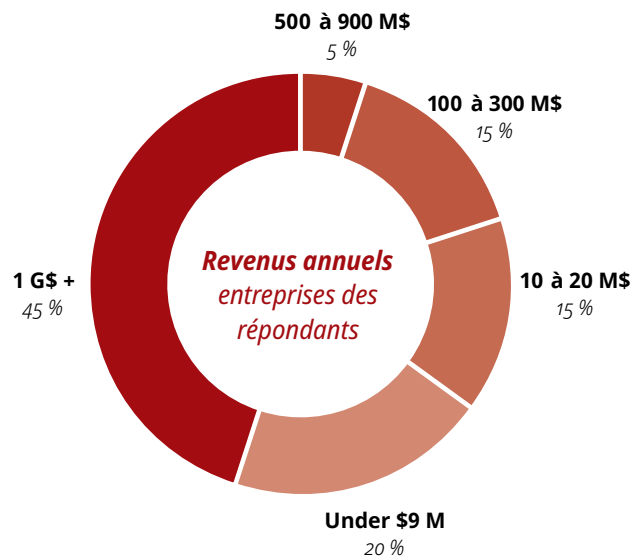


**Tableau 2. Entrevues par secteur de l'industrie (20 entrevues)**



**Figure 1. Fourchettes de revenus annuels en dollars américains (rapportés en 2019)**

Source: CTIC, 2020.



Les entrevues auprès d'experts de l'industrie étaient essentielles pour orienter cette recherche et recenser les thèmes clés, lesquels sont présentés ci-dessous. Catégorisées dans les sept secteurs mentionnés précédemment, les personnes interrogées représentaient des entreprises notamment des secteurs des ressources humaines, de la mobilité intelligente, de la biotechnologie, des services d'experts-conseils, des médias et du divertissement, de l'énergie et de la technologie agroalimentaire.

## Les organisations utilisent différents types d'IA pour répondre à cinq besoins opérationnels clés

La diversité des utilisations de l'IA et des besoins de l'industrie était évidente parmi les 20 entreprises interrogées dans le cadre de la présente étude. Les exemples vont de l'utilisation de l'apprentissage machine à l'analyse des données pour optimiser la lutte antiparasitaire dans les verges, en passant par le déploiement de la reconnaissance vocale et le traitement du langage naturel pour créer des systèmes de navigation intelligents. Alors que les besoins opérationnels précis et les types d'outils d'IA utilisés variaient, une grande partie des répondants ont affirmé dépendre grandement de l'apprentissage machine et de l'analyse avancée des données pour atteindre leurs objectifs. Quelques personnes ont indiqué utiliser l'apprentissage profond ou le traitement du langage naturel.

Les personnes interrogées ont déclaré que l'IA servait, au sein de leur entreprise, à résoudre des problèmes précis ou à répondre à certains besoins. Des catégories claires se sont dégagées des motifs d'utilisation de l'IA : l'amélioration des produits, l'amélioration ou l'optimisation des processus internes, l'amélioration de l'expérience des clients, la bonification des offres de conseils, et la gestion des risques.



## Amélioration des produits

La moitié des personnes interrogées ont indiqué qu'elles utilisaient l'IA pour développer ou améliorer des produits existants, alors qu'un autre quart a précisé l'utiliser pour développer de nouveaux produits. Ces produits incluaient notamment des assistants virtuels automatisés, des applications avancées d'aide à la conduite, des robots conversationnels, et des plateformes intelligentes pour la prestation de services. La plupart des entreprises utilisaient des assistants virtuels : bon nombre les utilisaient pour accroître le rendement des produits existants. Une personne a parlé de la valeur de l'assistant virtuel de son entreprise en lien avec son système de navigation intelligent.



*Nous créons présentement un assistant à l'aide de l'apprentissage machine. Il s'agit d'un appareil de navigation intelligent qui peut faire jouer de la musique, envoyer des messages textes et utiliser d'autres applications. C'est comme avoir un assistant dans la voiture qui vous permet de vous concentrer sur la route. [traduction]*

— Ingénieur en IA, transport, Allemagne

Un assistant comme celui décrit ci-dessus peut s'avérer utile pour fournir de l'infodivertissement à bord<sup>99</sup> tout en atténuant simultanément les questions de sécurité associées à la distraction au volant. Une des personnes interrogées a souligné la valeur des assistants virtuels pour la gestion des employés et du rendement, un produit que l'entreprise utilise à l'interne et vend à des clients externes sous licence.



*Nous avons un nouvel assistant virtuel qui utilise l'intelligence artificielle pour répondre à des questions liées aux ressources humaines. Ses capacités permettent aux organisations de numériser leurs données et de cibler les problèmes existants et potentiels en matière de ressources humaines comme le roulement de personnel. Grâce à ces perspectives, des solutions peuvent être mises en place et les entreprises peuvent résoudre les problèmes rapidement et efficacement. [traduction]*

— PDG, services commerciaux et financiers (ressources humaines et recrutement), États-Unis

Cet assistant virtuel est un instrument commun destiné au public servant à recueillir des données pour analyse. D'autres entreprises interrogées centraient leur collecte de données à l'interne, tout en investissant largement dans l'analyse avancée des données pour produire de nouvelles perspectives.

Une des personnes interrogées, travaillant pour un fabricant de matériel informatique, explique comment l'analyse avancée des données a permis à son entreprise d'améliorer la qualité des produits et de répondre aux besoins actuels de manière plus efficace.

<sup>99</sup> Vangie Beal. « In-Vehicle Infotainment (IVI) ». Webopedia : <https://www.webopedia.com/TERM/I/in-vehicle-infotainment-ivi.html>.



*Nous produisons des milliers de produits différents. Nous étions auparavant une entreprise traditionnelle de fabrication de matériel informatique, mais nous pouvons maintenant ajouter la connectivité et l'analytique à nos produits. Ainsi, le matériel est plus intelligent et nos solutions offrent davantage de valeur. Pour ce faire, nous avons besoin de perspectives guidées par les données pour orienter tout ce que nous produisons. [traduction]*

— Cadre supérieur, fabrication de pointe (robotique), États-Unis

### **Accroître l'efficacité et améliorer les processus internes**

Environ un tiers des entreprises interrogées ont indiqué qu'elles ne dépendaient pas de l'IA pour développer des produits ou des services externes. Elles s'en servaient plutôt pour améliorer les processus internes et accroître l'efficacité, notamment en traitant des problèmes dans l'ensemble d'une chaîne d'approvisionnement et en résolvant les contraintes logistiques.



*L'IA permet l'application de données pour faire des choses intéressantes, et elle est pertinente pour toutes les entreprises. En ayant une chaîne d'approvisionnement, nous pouvons rencontrer des problèmes logistiques qui ont un impact sur les clients. Nous disposons maintenant de la puissance de la technologie et de l'IA pour répondre à ces besoins d'une façon intelligente, rapide et facile. [traduction]*

— Cadre supérieur, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), Australie

La gestion des actifs est un autre aspect de l'amélioration de l'efficacité interne soulevé par les personnes interrogées. Une d'entre elles, travaillant dans le secteur des ressources naturelles et exerçant des activités en Europe, a fait remarquer que même des facteurs d'amélioration de l'efficacité (en apparence mineurs) peuvent faire une grande différence en matière d'approvisionnement énergétique.



*Nous optimisons les systèmes énergétiques, augmentant ainsi l'efficacité des systèmes. Même les gains d'efficacité à petite échelle sont importants dans un très grand système. Le réseau électrique couvre tout le globe. Même les très petits gains d'efficacité dans un très grand système sont importants. [traduction]*

— PDG, ressources naturelles (électricité), Tchèque

Pour une autre entreprise du secteur des ressources naturelles dont les activités sont axées sur l'exploitation minière et l'extraction de pétrole et de gaz, la gestion des actifs était une grande priorité, et l'apprentissage machine était essentiel au processus.



*Nous dépendons des capitaux. Nous disposons d'une tonne d'actifs comme des infrastructures énergétiques et des immobilisations de toutes les sortes. Nous devons nous assurer que ces actifs donnent un bon rendement, pas seulement en termes de coût et d'efficacité, mais aussi pour des raisons de sécurité et de fiabilité. [traduction]*

— Cadre supérieur, ressources naturelles (exploitation minière), États-Unis

Pour cette entreprise, la gestion des actifs facilitée par l'IA incluait également une hausse de la productivité de la main-d'œuvre de l'entreprise.



*Nous utilisons les perspectives pour prendre des mesures, notamment pour aider nos propres employés à être plus productifs. Nous transformons des approches plus traditionnelles de travail en les modernisant, lesquelles sont facilitées par les données et l'IA. [traduction]*

— Cadre supérieur, ressources humaines (exploitation minière), États-Unis

L'efficacité est surtout importante dans certaines industries où les délais sont stricts et la prestation de contenu est cyclique. Par exemple, l'industrie des jeux vidéo nécessite souvent des périodes de très forte productivité avant les échéances de lancement des jeux, lesquels nécessitent eux-mêmes le transfert de très vastes paquets de données. Pour les développeurs de jeux vidéo, il peut être catastrophique de découvrir des erreurs à la dernière minute. Un des répondants explique pourquoi il est essentiel de réaliser des gains d'efficacités le plus tôt possible dans la création de contenu et l'établissement de la portée, ainsi que le rôle de l'IA.



*Nous faisons très attention à la productivité de certaines tâches initiales avant de passer à autre chose. Nous utilisons l'IA pour aider les créateurs de contenu à exécuter certains processus plus rapidement. Nous n'avons jamais cherché à automatiser entièrement les processus. [traduction]*

— Directeur, technologie numérique (médias et divertissement), France

### **Améliorer l'expérience des clients**

Environ un cinquième des organisations utilisaient l'IA pour améliorer l'expérience des clients. Elles le faisaient principalement au moyen d'algorithmes d'apprentissage machine qui analysent les données provenant des clients, ou encore de robots conversationnels et d'autres outils pour établir des relations commerciales.



*Nous nous concentrons sur l'expérience des clients externes. Nous avons 4 millions de clients en distribution. Comment pouvons-nous utiliser les robots conversationnels et les autres outils pour leur offrir la meilleure expérience? [traduction]*

— Cadre supérieur, ressources naturelles (exploitation minière), États-Unis

Certaines des personnes interrogées ont parlé d'applications plus idiosyncrasiques de l'IA pour améliorer l'expérience des clients, notamment des applications intelligentes fondées sur les algorithmes qui aident les clients potentiels à trouver le meilleur produit ou la prochaine étape d'un processus, ou encore des algorithmes intelligents de calcul des prix qui établissent des prix optimaux dans un marché complexe.

Bien que l'intégration de la technologie dans plusieurs secteurs de l'économie soit de plus en plus une réalité quotidienne, certains secteurs sont plus « traditionnels » que d'autres. L'agriculture a été l'un des premiers secteurs à adopter la technologie,

dès les années 1800 en fait, lors de la révolution agricole.<sup>100</sup> Aujourd'hui, l'adoption et la mise en œuvre des technologies transformatrices comme l'IA se font plus lentement dans ce secteur, mais les entreprises interrogées laissent entendre que la technologie pourrait améliorer considérablement les résultats ainsi que les relations entre les entreprises agricoles et les producteurs.



*Nous utilisons l'IA pour différentes raisons. Nous voulons offrir une meilleure expérience à nos clients. Nous sommes la seule entreprise verticalement intégrée d'exploitation minière, de fabrication et de vente au détail. Nous touchons à l'ensemble du processus, de l'exploitation minière au silo, afin d'offrir des perspectives indispensables aux clients tout au long du cycle de vie, de la culture à la récolte. [traduction]*

— Cadre supérieur, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), Australie

Malgré les possibilités que peut offrir l'IA dans le secteur agricole, une des personnes interrogées, dont l'entreprise se spécialise dans la lutte parasitaire écologique dans les vergers, souligne que la difficulté de mettre en œuvre des technologies comme l'IA en agriculture est largement tributaire de l'établissement de relations, et non de la viabilité de la technologie elle-même. Elle laisse entendre que les outils seuls ne sont pas suffisants pour favoriser l'adoption.



*À mon avis, le problème est que l'IA peut être perçue comme un marteau et tout le reste comme un clou. Pour nous, l'IA est un outil qui nous offre de meilleures perspectives, aidant ainsi nos clients à prendre des décisions plus éclairées pour leurs vergers. Toutefois, les clients ont des questions. Nous devons être en mesure d'expliquer nos données, nos outils et nos perspectives. Nous ne pouvons tout simplement pas lancer des points de données dans un algorithme d'IA et le présenter ensuite à un producteur. Les producteurs n'ont qu'une seule chance par saison de faire les bons choix. Ils doivent pouvoir compter sur l'information que nous leur donnons. [traduction]*

— Ingénieur en chef, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), États-Unis

### **Élargir et diversifier les services d'experts-conseils**

Environ 20 % des répondants ont dit que leur organisation offrait des applications fondées sur l'IA ou des services d'experts-conseils en IA. Ces services étaient habituellement fournis à des entreprises qui utilisaient déjà l'IA pour faire croître leurs activités.

Une des entreprises interrogées dans le secteur de la technologie numérique précise que les outils et les applications d'IA peuvent être essentiels pour élargir leurs offres de produits et services, y compris les services d'experts-conseils.

<sup>100</sup> « The Agricultural Revolution ». Lumen : <https://courses.lumenlearning.com/boundless-worldhistory/chapter/the-agricultural-revolution/>.



*L'entreprise se spécialise dans le développement de produits et les services d'experts-conseils. Dans les deux cas, l'IA, et surtout l'apprentissage machine, est utilisée pour améliorer les produits et fournir des conseils sur le développement ou la mise en œuvre de l'IA. Nous ciblons surtout le déploiement de techniques plus évoluées d'apprentissage machine. Nous créons une expertise spécialisée en utilisant l'IA pour le traitement d'images. [traduction]*

— Responsable technique, technologie numérique

Malgré les nombreuses possibilités, cette entreprise souligne que l'utilisation de l'IA pour élargir ses services d'experts-conseils n'est pas un processus simple et que les investissements et la prestation de services peuvent entraîner certaines difficultés.



*Nous avons besoin de gens qui ont des compétences techniques et de bonnes aptitudes au service à la clientèle. Ils doivent avoir des connaissances en affaires et être capables de développer un produit à un niveau très technique. À bien des égards, le client est l'expert dans le domaine et sait ce dont il a besoin. Il faut aussi une équipe d'experts de l'apprentissage machine qui tentent de comprendre les besoins des clients et de trouver de meilleures solutions. Nous avons besoin de gens qui ont une expertise de l'apprentissage machine et un sens des affaires pour nous permettre de travailler avec tous ces groupes et de faire avancer le secteur des services d'experts-conseils en IA. [traduction]*

— Responsable technique, technologie numérique

Pour les entreprises faisant spécifiquement partie de l'industrie des services d'experts-conseils en technologie, l'IA est de plus en plus considérée comme faisant partie intégrante du modèle opérationnel. Les services d'experts-conseils ont ici surtout pour but d'aider les clients à réaliser toute la valeur de l'IA pour leurs clients et de les aider à monétiser son déploiement. Deux des personnes interrogées ont mentionné travailler avec divers clients afin de les aider à intégrer l'IA pour qu'ils atteignent leurs objectifs commerciaux.



*En tant que société d'experts-conseils, nous travaillons en collaboration avec des clients pour mettre à profit leurs actifs de données et offrir des solutions novatrices qui favorisent la valeur de l'entreprise. [traduction]*

— Consultant principal, technologie numérique (services d'experts-conseils), Australie



*Je dirige une talentueuse équipe de professionnels qui fournissent des conseils et du soutien aux clients concernant leurs outils d'IA et l'analyse en la matière. L'IA est une technologie universelle qui touche toutes les facettes d'une entreprise et le quotidien des gens. Elle peut réduire les coûts de production et améliorer le rendement dans bon nombre de secteurs. [traduction]*

— Chef de file du marché, technologie numérique (services d'experts-conseils), États-Unis

## Analyse et gestion des risques

Environ un quart des entreprises ont indiqué utiliser l'IA à des fins de surveillance ou de gestion des risques. Pour la surveillance du rendement des actifs, les méthodes variaient grandement. Elles incluaient notamment l'imagerie satellite, la production d'images, l'analyse de données et d'images, ainsi que des outils pour anticiper les problèmes potentiels et les résoudre.

Une des personnes interrogées travaillant pour une entreprise de mobilité intelligente a précisé que l'IA était utilisée pour la gestion générale des risques, notamment pour surveiller les problèmes touchant les véhicules et assurer la sécurité de ses clients. Contrairement aux modèles de risque traditionnels qui sont de nature binaire, les algorithmes d'IA tiennent compte de nombreuses variables mobiles. Les modèles d'IA peuvent évaluer la portée ou l'importance d'un risque donné à un moment précis pour prendre des décisions éclairées.



*Nous promettons à nos clients d'assurer la sécurité de la communauté. Pour nous assurer que les clients sont dignes de confiance, qu'ils sont de bons conducteurs et qu'ils ne causeront pas d'accidents, nous utilisons un algorithme d'apprentissage machine qui tient compte de différents facteurs. Nous les intégrons à notre modèle et ensuite notre modèle décide, selon nos données, de la façon de mesurer un risque donné. [traduction]*

— Directeur général, transport, États-Unis

Une autre des personnes interrogées représentant un chef de file mondial du secteur de la fabrication de pointe, surtout pour le transport aérien, indique que l'IA est extrêmement importante pour son entreprise. Elle soutient que l'expérimentation de l'IA lui permet d'éviter des risques qui pourraient être catastrophiques.

*La nature très risquée de certaines de nos activités est extrêmement importante lorsqu'il est question de mettre en œuvre l'IA. Nous ne créons pas de modèles d'IA : nous créons des systèmes décisionnels computationnels. Dans notre cas, nous avons besoin de machines qui prennent les bonnes décisions dans des situations extrêmement risquées pour des entreprises comme la nôtre. Nous nous concentrons sur la résolution des problèmes là où la technologie actuelle est limitée. Pour ce faire, nous devons expérimenter. [traduction]*

— Responsable de l'IA, fabrication de pointe, États-Unis

## L'investissement en IA est tout nouveau pour la plupart des entreprises, mais elles sont toutes optimistes quant à son potentiel

Dans l'ensemble des secteurs, la plupart des personnes interrogées affirmaient que leurs investissements en IA étaient relativement nouveaux. Près de 60 % d'entre elles ont dit qu'elles avaient commencé à faire des investissements et à utiliser l'IA il y a moins de 5 ans. Un quart d'entre elles l'utilisaient depuis 5 à 9 ans, et 15 % des entreprises étaient considérées comme des utilisateurs chevronnés de la technologie, y investissant depuis plus de 10 ans.

Il existe un « fossé » évident entre les organisations dont les activités sont traditionnellement liées à la technologie et celles dont les activités ne le sont pas. Pour ces premières, bon nombre d'entre elles font leurs premières armes dans le domaine. Une entreprise de ressources naturelles établie depuis plus de 20 ans a mentionné qu'elle a toujours démontré un intérêt pour l'adoption de l'IA, mais que son application réelle est relativement nouvelle pour l'entreprise.



*Nous avons commencé à utiliser activement l'IA il y a environ deux ans, mais de façon plus importante en 2018. Aujourd'hui, nous ne faisons pas que l'utiliser : nous créons activement un environnement dans lequel nous pouvons investir de façon significative pour exploiter les capacités de l'IA. [traduction]*

— Cadre supérieur, ressources naturelles (exploitation minière), États-Unis

D'autres entreprises utilisent la technologie depuis longtemps pour divers aspects de leurs activités. Pour elles, il n'était pas possible de séparer l'entreprise de la technologie, l'IA dans ce cas-ci.



*Nous sommes l'une des premières entreprises à disposer d'un laboratoire de recherche en IA, lequel a été construit il y a près de 50 ans. À cette époque, l'IA était plus symbolique et ciblait l'optimisation, la planification et l'ordonnancement, mais nous avons une équipe d'IA. Nous sommes aussi l'une des premières entreprises à disposer d'une équipe de mathématiques appliquées. [traduction]*

— Responsable de l'IA, fabrication de pointe, États-Unis

Sans égard aux années d'expérience en lien avec la technologie, toutes les entreprises interrogées ont confirmé leur intention de continuer de favoriser ses capacités et de chercher de nouvelles possibilités d'investissement en IA. Précisant leurs futurs plans, bon nombre de ces personnes ont indiqué que le but n'est pas d'utiliser l'IA simplement pour le plaisir de le faire, mais bien pour des cas pratiques précis. Des entreprises du secteur des ressources naturelles, pour qui l'IA est souvent plus « nouvelle » que pour d'autres, ont donné des exemples concrets.



*L'IA n'est pas utilisée simplement par pur plaisir. Elle doit améliorer notre entreprise et rendre nos employés plus productifs. Nous l'intégrons à nos activités afin d'agir dans l'intérêt de nos clients. [traduction]*

— Cadre supérieur, ressources naturelles (exploitation minière), États-Unis



*Pour nous, c'est le cas précis qui est important. Certains utilisent l'IA pour des problèmes « cosmétiques », comme retoucher des photos. Nous avons besoin d'applications plus pratiques, propres à l'industrie, qui sont dans l'intérêt de notre secteur. Nous devons aller du point A au point B, mais nous travaillons souvent dans des endroits où il n'y a même pas d'électricité, encore moins de capacité informatique. Nous aimons bien l'idée de nous servir de l'IA pour apprendre et explorer de nouvelles possibilités. [traduction]*

— Chef de file mondial, ressources naturelles (exploitation minière), Royaume-Uni

Bien que les personnes interrogées étaient en faveur de l'adoption de l'IA, elles ne pouvaient pas préciser la valeur économique qu'elle offre à leur entreprise. Seulement trois d'entre elles ont pu fournir des estimations. Deux ont dit qu'environ 10 à 25 % de la valeur de leur entreprise provenait de l'IA, alors qu'un tiers a affirmé que l'IA était intrinsèquement liée à tous les aspects de leur entreprise, représentant effectivement l'intégralité de leur valeur.

## Les organisations font surtout face à des obstacles mineurs à la mise en œuvre de l'IA

Les personnes interrogées considèrent surtout les obstacles à l'adoption de l'IA comme mineurs. Environ 80 % d'entre elles estiment que les obstacles à la mise en œuvre de l'IA sont « négligeables ».

 *Les obstacles ne sont pas très significatifs. Il est difficile de former une équipe et de gérer les restrictions en matière de protection de la vie privée de l'Union européenne, mais il n'existe aucun problème majeur à l'échelle organisationnelle. [traduction]*

— Ingénieur en IA, transport, Allemagne

 *Nous n'avons pas rencontré d'obstacle majeur à la mise en œuvre de l'IA. Il y a des petites difficultés, bien sûr, mais pas plus qu'ailleurs. Pour notre taille et notre industrie, nous nous débrouillons bien. [traduction]*

— Cadre supérieur, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), Australie

Lorsque des obstacles ont été recensés, les plus fréquents concernaient la disponibilité insuffisante des talents disposant d'une expertise dans les secteurs pertinents. La « pertinence culturelle » d'une technologie « nouvelle ou émergente » était également un obstacle. Quant au manque d'expertise, une des personnes interrogées décrit le processus multifactoriel qui va bien au-delà de la création de modèles d'apprentissage machine ou de la conception d'algorithmes.

*Les talents représentent un important problème. Il n'est pas suffisant pour la génération actuelle d'ingénieurs de suivre des cours en ligne. Le mot "donnée" en soi est de plus en plus vide. Il faut générer les bonnes données pour les appliquer aux bons outils, au bon moment, selon le bon niveau de granularité et de bruit. Il faut aussi s'assurer qu'elles sont représentatives. C'est difficile. [traduction]*

— Responsable de l'IA, fabrication de pointe, États-Unis



Une autre des personnes interrogées dans le secteur des services d'experts-conseils a parlé des types de talents que les entreprises ont tendance à solliciter, et pourquoi ils sont souvent difficiles à trouver.



*En matière de talents, bon nombre d'entreprises cherchent des niveaux de compétences bien précis et progressent très lentement, surtout en matière de services d'experts-conseils. En général, nous cherchons des niveaux précis d'expertise en IA en lien avec le développement de logiciels. Ces gens détiennent des doctorats en mathématiques ou informatique, et possèdent habituellement plus de 10 ans d'expérience en développement d'applications d'entreprise. [traduction]*

— Responsable technique, technologie numérique

La réticence culturelle était le terme utilisé pour décrire une culture opérationnelle relativement conservatrice ou prudente qui vient parfois avec la mise en œuvre de technologies émergentes comme l'IA. Particulièrement, certaines des personnes interrogées ont eu de la difficulté à faire accepter des autres cadres ou des clients les avantages de solutions facilitées par l'IA.

*Dans notre industrie, la mise en œuvre de l'IA signifie un changement de culture. C'est une avenue que nous devons emprunter. La plupart des grandes entreprises le font. Nous devrions tôt ou tard penser à innover dans tout ce que nous faisons, réfléchir à la façon dont l'IA peut être utilisée pour améliorer tous les processus et comment elle peut être appliquée naturellement, sans s'y forcer. Nous n'en sommes pas encore là. Nous ne sommes pas encore parvenus à une culture adaptative, ouverte et conviviale sur le plan technologique. [traduction]*

— Cadre supérieur, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), Australie

Un autre répondant a également parlé des enjeux culturels comme d'un obstacle, établissant même un lien avec les clients.



*Il y a un écart entre ce que les consommateurs pensent que peut être l'IA et ce qu'elle est vraiment. Bon nombre de clients ne réalisent pas qu'ils utilisent déjà des outils amplifiés par l'IA. [traduction]*

— Chef de file du marché, technologie numérique (services d'experts-conseils), États-Unis

## **La plupart des répondants connaissaient le secteur canadien de l'IA : bon nombre d'entre eux connaissaient les principaux carrefours d'IA, les grandes villes canadiennes, l'initiative Scale AI et les plus importants établissements d'enseignement**

Presque toutes les personnes interrogées (95 %) étaient au courant des développements canadiens dans le secteur de l'IA. La plupart connaissaient les villes canadiennes qui sont des chefs de file du développement de l'IA, la supergrappe Scale AI du Canada, les principaux établissements d'enseignement, ainsi que des chercheurs canadiens influents en IA.

Les trois quarts des personnes interrogées connaissaient surtout Toronto, Edmonton et Montréal comme étant les principaux carrefours d'IA du Canada. D'autres villes ont été mentionnées, quoique dans une moindre mesure, soit Vancouver (mentionnée par un quart de ces personnes) et Ottawa (mentionnée par 15 % des répondants). Ces villes étaient connues pour leur grande concentration de chercheurs en IA, leurs solides établissements d'enseignement, et leur capacité d'attirer des entreprises internationales bien connues, y compris de grands joueurs comme Google, Facebook et Microsoft.



*Nous connaissons la communauté de Montréal et la communauté bien établie de Toronto. Ces deux villes reviennent le plus souvent lorsqu'il est question de la recherche en IA. [traduction]*

— Cadre supérieur, fabrication de pointe (robotique), États-Unis



*Montréal, Toronto, Edmonton et Vancouver sont les quatre principaux carrefours d'IA au Canada. L'Université de l'Alberta dispose d'une capacité très solide en matière d'IA. Il existe de nombreux autres groupes dans d'autres villes. Je crois qu'Ottawa dispose aussi d'un excellent groupe d'apprentissage machine. [traduction]*

— Responsable de l'IA, fabrication de pointe, États-Unis

Presque la moitié des personnes interrogées connaissaient aussi l'initiative de la supergrappe Scale AI, une différence marquée par rapport à une étude précédente du CTIC sur les IED où seulement quelques entreprises numériques de l'UE connaissaient les supergrappes et seulement 1 entreprise sur les 37 interrogées pouvait nommer toutes les 5.<sup>101</sup> Dans ce cas, celles qui connaissaient l'initiative Scale AI croyaient aussi qu'elle peut aider le Canada à devenir un chef de file mondial. Plusieurs estimaient qu'elle envoyait un important message aux investisseurs voulant que le gouvernement canadien soit déterminé à accroître la présence du Canada en matière d'IA et que les portes du Canada étaient grandes ouvertes dans le secteur de l'IA.



*L'existence de la supergrappe démontre que le Canada prend l'IA au sérieux. [traduction]*

— PDG, ressources naturelles (électricité), Tchèque

Les personnes interrogées ont également reconnu la réputation positive et les progrès importants réalisés par les établissements d'enseignement canadiens. L'Université de Toronto, l'Université McGill, l'Université de Montréal et l'Université de l'Alberta ont souvent été citées comme chefs de file du développement de talents en IA. De ces quatre établissements, l'Université de Toronto était surtout citée comme l'un des principaux établissements pour les talents en IA et ingénierie. Les autres établissements mentionnés incluent l'Université de Waterloo et l'Université de la Colombie-Britannique.

<sup>101</sup> Alexandra Cutean, et autres. Un nouveau partenariat avec l'Union européenne : l'AECG et les possibilités d'IED numériques pour le Canada. CTIC, février 2020 : <https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2020/02/canada-eu-partnership-v2.pdf>.



*Nous croyons que la formation universitaire au Canada est très solide, pas seulement à Montréal ou à Waterloo, mais en général. Il est essentiel de pouvoir profiter d'un système d'éducation qui développe de grands talents en IA. [traduction]*

— Cadre supérieur, ressources naturelles (exploitation minière), États-Unis



*Le Canada offre d'excellentes écoles d'IA et de génie informatique. Nous attirons des talents de l'Université de la Colombie-Britannique, où nous observons une hausse de diplômés en infonuagique et ingénierie. L'Université de Toronto est un carrefour de l'IA. Toutes les entreprises technologiques le reconnaissent. La qualité des talents et de l'éducation au Canada est assez exceptionnelle. [traduction]*

— Responsable en ingénierie, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), États-Unis



*Les universités canadiennes misent beaucoup sur l'IA. L'Université McGill, l'Université de Waterloo et l'Université de l'Alberta déploient beaucoup d'efforts pour former des diplômés qualifiés. [traduction]*

— Cadre supérieur, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), Australie

## **Le Canada est reconnu pour sa communauté grandissante d'IA, son système d'immigration proactif et sa capacité d'attirer des professionnels qualifiés formés à l'étranger de niveau intermédiaire à supérieur**

Alors que les répondants ont précisément félicité les établissements d'enseignement du Canada de former des talents de premier échelon de grande qualité, plusieurs ont laissé entendre que la communauté canadienne d'IA, laquelle prend rapidement de l'ampleur, surtout ses capacités de recherche, est également reconnue à l'échelle internationale.



*Le Canada dispose de talents et de chercheurs de fort calibre au sein de la communauté internationale. Il s'établit comme un chef de file de la recherche et de l'IA appliquée. [traduction]*

— Chef de file en IA, fabrication de pointe, États-Unis



*Le Canada occupe une excellente position en matière d'IA. Sa recherche et ses talents sont exceptionnels. Le Canada dispose aussi de grands chercheurs comme Yoshua Bengio. Le talent des chercheurs au pays est exceptionnel. [traduction]*

— Directeur, technologie numérique (médias et divertissement), France

La présence de grands chercheurs expatriés comme Yoshua Bengio et Geoffrey Hinton est reconnue comme un facteur essentiel à l'accroissement de l'attention internationale pour l'écosystème d'IA du Canada, en plus de son système d'immigration attrayant. Deux des personnes interrogées estimaient que le Canada était perçu comme une importante destination pour les talents internationaux qualifiés, en plus de son système d'immigration axé sur les compétences et de sa culture accueillante et chaleureuse.



*La culture globale du Canada en fait l'endroit le plus intéressant au monde. Si le pays continue de bâtir la bonne infrastructure, il peut attirer des gens réellement doués. Le Canada est même le bon endroit pour le faire. Ses politiques et son leadership en fait un endroit intéressant pour tous. [traduction]*

— PDG, ressources naturelles (électricité), Tchèque



*Le Canada est un pays très favorable aux immigrants. Si vous êtes un immigrant, c'est un bon endroit pour vous. Les communautés locales sont aimables et sympathiques. Ma sœur a déménagé au Canada et estime que les gens sont très gentils, polis et instruits. La vie sociale au Canada est plaisante. Tout n'est pas que travail. Je crois que le Canada est vraiment bien. [traduction]*

— Ingénieur en IA, transport, Allemagne

## **La réglementation ambiguë, la concurrence pour des talents et la petite taille de l'écosystème d'IA du Canada font partie des principaux obstacles à l'attraction d'investissements au Canada**

Alors qu'environ un tiers des personnes interrogées ne pouvaient pas cerner d'obstacles à l'attraction d'investissements en IA propres au Canada, quelques thèmes clairs ont été soulevés par les deux tiers qui en ont cité. L'obstacle le plus pressant à gérer, comme l'ont indiqué près de 65 % des personnes interrogées, touche la réglementation. Plusieurs estimaient que la réglementation relative au développement de l'IA et à son utilisation n'était pas claire ni bien comprise au Canada. Une des entreprises interrogées du secteur des services d'experts-conseils a relevé cette réalité, la reliant à l'impact du développement de l'IA.



*La réglementation sur le développement et l'utilisation de l'IA n'est pas claire. Il y a un manque de compréhension, un manque de confiance et un manque de connaissance de la question, ce qui a un impact sur l'incapacité des entreprises canadiennes d'IA de croître ou d'attirer des investissements. Elles ont de la difficulté à passer de l'expérimentation à l'application. [traduction]*

— Chef de file du marché, technologie numérique (services d'experts-conseils), États-Unis

Un répondant du secteur en croissance des technologies agricoles estimait que la réglementation n'était actuellement pas une préoccupation pour son entreprise, même s'il s'agit d'un enjeu primordial pour d'autres secteurs d'innovation cherchant à y intégrer l'IA.



*Les politiques et la réglementation n'ont pas été un problème pour nous jusqu'à présent, mais au fur et à mesure que l'IA se développe en même temps que les voitures autonomes, les drones et d'autres applications, il sera de plus en plus important pour le Canada de s'y attarder. Nous continuons de surveiller ces développements, mais il existe présentement un fossé entre la réglementation et la réalité. [traduction]*

— Responsable de l'ingénierie, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), États-Unis

La réglementation était aussi une grande préoccupation pour le secteur des sciences de la vie qui évolue rapidement, notamment en matière de biotechnologies et de développement de médicaments. Une des personnes interrogées a précisément mentionné la nécessité d'établir une réglementation sur la façon dont les données du public sont recueillies et utilisées dans le cadre de l'IA et d'en assurer la transparence.

*Le Canada doit améliorer sa réglementation. Beaucoup de gens n'aiment pas ce qui se passe concernant leurs données. Ils ne sont pas chauds à l'idée d'être suivis ou que leurs données soient recueillies, mais il faut davantage de transparence quant à ce qui se passe présentement. Le grand public doit savoir ce qu'il advient de ses données. L'utilisation abusive potentielle de l'IA et de l'apprentissage machine doit être une préoccupation prioritaire. [traduction]*

— Scientifique principal, sciences de la vie (biotechnologies), Royaume-Uni

En plus de la réglementation, plus de 40 % des répondants ayant cerné des obstacles ont exprimé certaines inquiétudes quant à la concurrence au sein du bassin de talents canadiens. Ils ont parlé de craintes quant au recrutement de talents surtout à l'échelon supérieur, mais la plus grande source de préoccupation concerne le maintien des effectifs. Ils s'inquiétaient de la concurrence pour les grands talents canadiens, notamment des États-Unis.



*Le principal problème est la concurrence de San Francisco, de la Silicon Valley et de New York. San Francisco en particulier offre de meilleurs salaires. Si j'étais un nouveau développeur, j'irais probablement m'installer à la Silicon Valley. Le principal point de frustration est la concurrence, surtout avec les États-Unis. [traduction]*

— Ingénieur en IA, transport, Allemagne

Plusieurs des entreprises interrogées ont parlé de la difficulté pour les grandes entreprises technologiques du Canada et de l'extérieur du pays à gagner la course pour attirer les talents. Pour les entreprises internationales déjà établies au Canada, cette difficulté est sérieuse.



*Les grandes entreprises technologiques comme Google et Facebook perturbent déjà le marché canadien. Il s'agit d'entreprises purement technologiques dont les principales activités concernent des technologies comme l'apprentissage profond. Elles offrent presque les mêmes salaires que ceux offerts en Californie, lesquels sont beaucoup plus élevés que la norme sur le marché canadien. Il pourrait être difficile d'attirer de grands talents malgré l'offre abondante et les bonnes universités. [traduction]*

— Directeur, technologies numériques (médias et divertissement), France



*Bien que le Canada soit reconnu en général comme un carrefour majeur en IA, un grand nombre de talents canadiens travaillent pour de grandes entreprises américaines, comme Google, Microsoft, Facebook et IBM. Ces entreprises bénéficient déjà d'une très forte présence au Canada et attirent beaucoup de grands talents. Attirer et retenir des talents possédant les compétences appropriées en IA comptent parmi les plus grandes difficultés. Il y a donc une grande concurrence avec les entreprises américaines autant au Canada qu'à l'étranger. [traduction]*

— PDG, ressources naturelles (électricité), Tchéquie

Un récent rapport de l'Impact Centre de l'Université de Toronto a révélé que le Canada réussit considérablement moins bien que les États-Unis à faire croître les entreprises privées.<sup>102</sup> Ce sentiment trouve écho parmi environ le quart des entreprises interrogées qui ont parlé des obstacles à l'investissement liés à la petite taille de l'écosystème canadien. Une des entreprises interrogées dans le secteur de la mobilité intelligente en a précisément fait mention, soulignant l'absence de croissance des grandes entreprises d'IA, ou des entreprises technologiques en général, comme pierre d'achoppement clé du Canada.



*Le Canada ne dispose pas de grands champions en IA et technologie. Il n'a pas de très grandes et prospères entreprises technologiques. C'est un désavantage. [traduction]*

— Directeur général, transport, États-Unis

<sup>102</sup> « Impact Centre Science to Society » : <https://www.impactcentre.utoronto.ca/>.

## L'IMPACT DE L'IA DANS L'ENSEMBLE DES SECTEURS

L'IA est de plus en plus présente dans tous les secteurs de l'économie. En agriculture, l'IA est devenue essentielle pour détecter les maladies des plantes, contribuer à la lutte antiparasitaire et, lorsque combinée aux données recueillies par les drones, cerner les problèmes sur l'ensemble d'une ferme.<sup>103</sup> De même, les algorithmes de l'apprentissage machine peuvent être combinés aux données historiques sur les précipitations, les températures et l'évaporation pour prédire la probabilité de sécheresse.<sup>104</sup>

Des réalités entièrement immersives comme celles décrites dans les ouvrages *Ender's Game* ou *Ready Player One* ne sont pas encore possibles dans les jeux vidéo. Cependant, la fusion croissante de l'apprentissage profond et de la production de jeux vidéo pourrait créer de futurs jeux qui sont beaucoup plus réactifs et adaptatifs. Dans 10 ou 20 ans, un jeu pourrait être en mesure de modifier la rétroaction des joueurs et d'y répondre, et les personnages pourraient avoir la capacité d'évoluer en temps réel,<sup>105</sup> comme un humain le ferait.

Ce ne sont pas les exemples qui manquent pour montrer comment l'IA change ou peut changer l'économie et le monde dans lequel nous vivons. Mettant à profit la recherche secondaire et les perspectives cruciales tirées des entrevues réalisées auprès d'experts de l'industrie, la section suivante offre un aperçu de l'impact de l'IA sur sept secteurs clés de l'économie.



### Fabrication de pointe

La réalité actuelle de la COVID-19 changera probablement radicalement la situation mondiale de la fabrication. Il reste à voir comment la pandémie changera le commerce mondial et transformera les relations internationales qui alimentent présentement les chaînes d'approvisionnement mondiales. Toutefois, depuis quelque temps, la fabrication traditionnelle a connu des baisses marquées dans bon nombre d'économies développées. À la fin de 2019, le secteur manufacturier américain a connu un important ralentissement, entraînant la pire baisse en plus d'une décennie.<sup>106</sup> Même si le concept de la fabrication nationale revient en grande dans des pays comme l'Amérique du Nord et l'Union européenne au cours des prochains mois ou des prochaines années, il est difficile d'imaginer une telle réalité distincte d'une hausse marquée de catalyseurs technologiques d'efficacité et d'amplificateurs de productivité. La fabrication avancée comprend l'adoption de technologies numériques, principalement l'IA, la robotique, l'Internet des objets et la fabrication

<sup>103</sup> Kathleen Walch. « How AI is Transforming Agriculture ». *Forbes*, 5 juillet 2019 :

<https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/07/05/how-ai-is-transforming-agriculture/#71d40662ad1>.

<sup>104</sup> Himani Shah, et autres. « Drought Prediction and Management using Big Data Analytics ». *Semantic Scholar*, 2017 : <https://www.semanticscholar.org/paper/Drought-Prediction-and-Management-using-Big-Data-Shah-Rane/53154867887b8fa060700ff6924aad9053bee0e>.

<sup>105</sup> Nick Statt. « How Artificial Intelligence Will Revolutionize the Way Video Games are Developed and Played ». *The Verge*, 6 mars 2019 : <https://www.theverge.com/2019/3/6/18222203/video-game-ai-future-procedural-generation-deep-learning>.

<sup>106</sup> Annken Tappe. « America's factories just suffered their worst month in a decade ». *CNN Business*, 1er octobre 2019 : <https://www.cnn.com/2019/10/01/economy/ism-manufacturing/index.html>.

additive, dans le processus manufacturier traditionnel en vue d'accroître la production.<sup>107</sup> Stimuler la production, l'automatisation ou la numérisation des processus manufacturiers comme le prototypage, le triage et même l'expédition pourrait dépasser de loin les niveaux actuels de productivité et de rendement.

Cependant, la combinaison de l'IA et de la fabrication n'entraîne pas nécessairement la pleine automatisation des processus humains. Dans plusieurs cas, divers processus non automatisables demeureront et seront tout simplement amplifiés par l'IA. Par exemple, c'est exactement ce que fait l'entreprise californienne de robotique Drishti (qui veut dire « regard » en sanskrit). Elle utilise des caméras dotées d'une architecture d'apprentissage profond pour générer des analyses en temps réel sur les actions exécutées par les humains.<sup>108</sup> Une fois que les données de ces actions sont analysées, l'IA offre des perspectives sur la façon d'optimiser encore davantage les processus de production humaine.<sup>109</sup>

Certains des experts de l'industrie interrogés dans le cadre de la présente étude ont souligné cette notion de l'IA qui vient bonifier plutôt que remplacer entièrement les processus manufacturiers existants. Un de ces experts a précisément parlé de la façon dont l'IA aide les travailleurs du secteur manufacturier.



*Nous produisons des solutions technologiques, autant matérielles que logicielles, pour une grande variété d'industries. Nous ciblons quatre principaux secteurs : l'aérospatiale, l'automatisation des bâtiments, les matériaux à base de pétrole et de haute performance, et les solutions en matière de productivité. Nous offrons une vaste gamme de produits pour la sécurité et la productivité des travailleurs qui utilisent des techniques manufacturières avancées. Par exemple, si nous développons de l'équipement de protection comme des chaussures de sécurité, nous voulons développer des chaussures de sécurité "intelligentes" qui recueillent des données sur la façon dont les travailleurs soulèvent des articles lourds, le nombre de pas qu'ils font, ou les chutes qu'ils font. [traduction]*

— Cadre supérieur, fabrication de pointe (robotique), États-Unis

Certains des répondants ont dit que l'IA est essentielle à l'amélioration du processus manufacturier puisqu'elle permet de cibler des problèmes potentiels de la chaîne de production, notamment en utilisant l'analytique prédictive pour trouver les goulots d'étranglement. À plus grande échelle, le jumelage numérique amplifié par l'IA peut offrir une vision holistique des goulots d'étranglement ou des ruptures pas seulement dans un seul processus de production, mais dans l'ensemble de l'usine. Un développement clé de la fabrication de pointe et du jumelage numérique dépend des technologies comme l'IA, l'Internet des objets, les interfaces de programmation d'applications, et parfois même la réalité augmentée et la réalité virtuelle,<sup>110</sup> pour synthétiser les données provenant de divers capteurs. Ces données sont ensuite utilisées pour créer une réplique numérique. La réplique d'une usine, par exemple,

<sup>107</sup> « What is Advanced Manufacturing? », TWI : <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/faq-what-is-advanced-manufacturing>.

<sup>108</sup> « Drishti » : <https://drishti.com/resources/state-of-human-factory-analytics/>.

<sup>109</sup> Ibidem.

<sup>110</sup> « Digital Twins in Logistics », DHL : <https://www.dhl.com/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-digital-twins-in-logistics.pdf>.



peut être manipulée au moyen de différents modèles d'apprentissage machine et d'algorithmes, permettant aux entreprises de déterminer l'efficacité ou la « santé » globale de l'usine et de relever les goulots d'étranglement et même de prédire les ruptures ou les défaillances qui pourraient survenir à l'avenir. Ces types de perspectives permettent une meilleure planification et réduisent considérablement les temps d'arrêt. Le jumelage numérique, un élément central du concept d'Industrie 4.0,<sup>111</sup> est essentiel à l'augmentation de la productivité et à l'amélioration de l'efficacité dans le secteur manufacturier.

Une entreprise du secteur du transport a parlé de la façon dont les processus du concept d'Industrie 4.0 améliorent leurs procédés de fabrication et la qualité de leurs produits.



*Nous travaillons sur un système avancé d'aide à la conduite et des applications de l'Internet 4.0, surtout pour l'industrie du remorquage. L'IA offre des avantages comme l'uniformisation des procédés de fabrication, l'amélioration de la qualité, la réduction des temps d'arrêt et l'augmentation de la rentabilité des procédés. Ils sont tous nécessaires pour demeurer concurrentiels à l'échelle internationale. [traduction]*

— Ingénieur de recherche, transport, États-Unis



## Technologies agricoles et océaniques

Les estimations actuelles indiquent que la population mondiale atteindra près de 10 milliards d'habitants d'ici 2050.<sup>112</sup> Cette expansion ne permettra pas une disponibilité accrue des terres agricoles pour soutenir les 2 milliards d'habitants supplémentaires qui peupleront la Terre au cours des 30 prochaines années. Il sera essentiel de trouver des méthodes uniques, efficaces et neutres sur le plan climatique pour améliorer les rendements agricoles et agroalimentaires afin de soutenir et d'accroître ensuite les chaînes alimentaires mondiales au cours des prochaines années. En jumelant cette mesure avec une baisse de l'emploi en agriculture en général,<sup>113</sup> il est clair que les développements technologiques, y compris l'IA, joueront un rôle de plus en plus essentiel en agriculture.

Bon nombre d'entreprises du secteur de la production alimentaire emploient généralement un nombre relativement petit de travailleurs qui supervisent de grandes zones de culture. La taille moyenne d'une ferme au Canada totalise près de 780 acres.<sup>114</sup> Les travailleurs saisonniers jouent un rôle important, représentant plus de 60 % de tout le travail agricole par année.<sup>115</sup> Souvent composées de grandes étendues de terre, les fermes sont idéales pour déployer des technologies comme des capteurs de l'IdO qui peuvent recueillir des données sur différentes mesures comme les conditions météorologiques, la qualité des sols, la croissance des cultures,

<sup>111</sup> Bernard Marr. « What is Industry 4.0? Here's a Super Easy Explanation for Anyone ». *Forbes*, 2 septembre 2018 :

<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/#7ea162d9788a>.

<sup>112</sup> « Growing at a slower pace, world population is expected to reach 9.7 billion in 2050 and could peak at nearly 11 billion around 2100 ». Organisation des Nations Unies, 17 juin 2019 : <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/world-population-prospects-2019.html>.

<sup>113</sup> Max Roser. « Employment in Agriculture ». *Our World Data* : <https://ourworldindata.org/employment-in-agriculture#all-charts-preview>.

<sup>114</sup> « Un portrait de l'agriculture canadienne – Chapitre 1 ». *Statistique Canada* :

<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/95-640-x/2011001/p1/p1-01-fra.htm>.

<sup>115</sup> *Ibidem*, chapitre 2.

et même la santé des animaux.<sup>116</sup> Ces données, habituellement recueillies tout au long de la saison de croissance, peuvent ensuite être analysées par des algorithmes d'apprentissage machine afin de détecter les anomalies et de permettre une prise de décision plus éclairée. Les applications possibles varient de l'estimation du rendement d'un verger à la surveillance de la santé des cultures, en passant par la lutte antiparasitaire et la gestion de l'eau.

Les entreprises de technologies agricoles qui utilisent des technologies comme l'IA pour améliorer leurs productions agricoles commencent à observer une adoption plus vaste au Canada. Farmers Edge de Winnipeg, une entreprise d'« agriculture de précision », évalue les données provenant d'images satellites et de capteurs de l'IdO placés dans les champs. Les capteurs saisissent des données sur les sols, les conditions météorologiques, le rendement de l'équipement, les ravageurs et la rotation des cultures. Une fois ces données recueillies, l'IA détecte des tendances, permettant aux agriculteurs de prendre des décisions plus éclairées et les mesures nécessaires pour assurer une production optimale.<sup>117</sup> SomaDetect, une autre entreprise de technologies agricoles, basée au Nouveau-Brunswick, fabrique des capteurs et des logiciels axés sur l'IA pour aider les producteurs laitiers à mesurer les matières grasses, les protéines et d'autres composants biochimiques qui se trouvent dans le lait. Elle affirme que sa technologie peut même détecter des bactéries pathogènes.<sup>118</sup>

Toutes les entreprises interrogées dans le secteur agricole s'entendaient pour dire que l'IA pouvait offrir d'importants avantages pour le secteur. L'une d'entre elles a expliqué comment l'IA produit des avantages pour elle, mais que la valeur de la technologie en agriculture ne peut pas être séparée des méthodes traditionnelles de « ressources sur le terrain ».



*Notre plateforme d'IA aide les agriculteurs à prendre des décisions fondées sur les données recueillies à partir des lieux de culture. Elle fait des prédictions sur les ravageurs, les maladies, la météo, la température et l'humidité. Nous utilisons l'apprentissage machine pour faciliter le comptage des ravageurs et analyser les images obtenues des lieux de culture. La technologie agricole est un secteur très intéressant puisque les producteurs sont généralement conservateurs et pas vraiment friands des technologies. Il faut du temps pour gagner leur confiance. Il ne fait aucun doute que l'IA est une partie importante de nos activités, mais la moitié de notre organisation est plutôt axée sur les ressources sur le terrain, dans les vergers. Les producteurs doivent nous faire confiance avant d'acheter la technologie. » [traduction]*

— Responsable de l'ingénierie, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), États-Unis

Incontestablement, la gestion des cultures et la lutte antiparasitaire font partie intégrante du secteur des technologies agricoles. Cependant, l'IA peut aussi jouer un rôle important dans un autre secteur, celui de la surveillance environnementale, notamment pour la gestion de l'eau et la détection des inondations. Un peu comme des capteurs qui seraient placés dans les champs et une application d'apprentissage

<sup>116</sup> « IoT in Agriculture: 5 Technology Use Cases for Smart Farming (and 4 Challenges to Consider) », Eastern Peak, 7 juin 2018 : <https://easternpeak.com/blog/iot-in-agriculture-5-technology-use-cases-for-smart-farming-and-4-challenges-to-consider/>.

<sup>117</sup> « About Farmer's Edge » : <https://www.farmersedge.ca/about-us/>.

<sup>118</sup> « How Our Sensors Work », SomaDetect : <https://somadetect.com/somadetect-how-it-works>.

machine qui analyserait les données sur la santé des cultures, il est aussi possible de faire de même pour surveiller les niveaux d'eau et prédire les probabilités d'inondations. En pareils cas, les données en temps réel sur les niveaux d'eau et les phénomènes climatiques recueillies à partir des télécapteurs peuvent être analysées par des modèles d'apprentissage machine afin de générer une « évaluation des risques »<sup>119</sup> à des points clés dans le temps lors des saisons pluvieuses. Une telle technologie est de la plus grande importance pour des pays comme les Pays-Bas où environ un tiers du pays habite sous le niveau de la mer.<sup>120</sup> De plus, alors que les changements climatiques et l'élévation des niveaux de la mer contribuent aux probabilités de graves inondations<sup>121</sup> dans le monde, la création d'un outil de détection et d'atténuation des inondations amplifié par l'IA sera nécessaire.

Une des entreprises interrogées aux Pays-Bas a expliqué le rôle crucial que joue l'IA dans son programme de gestion de l'eau et de détection des inondations.



*Nous sommes dans le domaine du maintien de la qualité de l'eau, des réseaux fluviaux et des niveaux d'eau. Nos programmes d'IA nous permettent de surveiller l'état de la digue, par exemple. À partir de photos satellites, nous pouvons recueillir des images qui nous aident à déterminer la structure de la digue. Nous pouvons ensuite utiliser des algorithmes d'IA qui nous montrent comment nous pouvons construire de meilleures digues et nous assurer que notre gestion de l'eau est plus efficace. Nous utilisons des réseaux neuronaux pour savoir si l'eau monte et si la qualité de l'eau pourrait être compromise. » [traduction]*

— Responsable de l'innovation numérique, technologies agricoles et océaniques (technologie agricole), Pays-Bas



## Services commerciaux et financiers

Les conseillers financiers, les banquiers d'investissement, les conseillers fiscaux et les professionnels des ressources humaines font partie du secteur élargi des services commerciaux et financiers qui misent souvent sur de grandes quantités de données pour prendre des décisions éclairées. Bien que la plupart des conseils financiers soient encore prodigués par des humains, les produits commerciaux et financiers automatisés et fondés sur des algorithmes comme les conseillers-robots gagnent du terrain et attirent l'attention au Canada et à l'étranger.

Les estimations actuelles du Forum économique mondial suggèrent que la moitié de toutes les actions boursières sont aujourd'hui négociées, du moins en partie, par des algorithmes automatisés qui s'appuient sur des indices provenant des négociations faites par d'autres algorithmes.<sup>122</sup> En raison du perfectionnement accru des algorithmes d'IA et de l'arrivée des données massives, cette proportion pourrait continuer de grimper au cours des prochaines années.

<sup>119</sup> Mohammed Khalaf, et autres. « Advance flood detection and notification system based on sensor technology and machine learning ». IEEE Xplore Digital Library, 2 novembre 2015 : <https://ieeexplore.ieee.org/document/7314188>.

<sup>120</sup> <https://www.netherlands-tourism.com/netherlands-sea-level/>

<sup>121</sup> Melissa Denchak. « Flooding and Climate Change: Everything You Need to Know ». NRDC, 10 avril 2019 : <https://www.nrdc.org/stories/flooding-and-climate-change-everything-you-need-know>.

<sup>122</sup> Steven Pearlstein. « Has automated trading hijacked the stock market? ». Forum économique mondial, 8 février 2018 : <https://www.weforum.org/agenda/2018/02/has-robot-versus-robot-trading-hijacked-the-stock-market>.

Les ressources humaines représentent un autre secteur dans lequel l'IA joue un rôle important. Des applications sont utilisées dans le processus de recrutement, de gestion du rendement des employés, ainsi que d'apprentissage et de développement.<sup>123</sup> Récemment, plusieurs des utilisations de l'IA en ressources humaines ont exposé des préoccupations claires concernant les données d'apprentissage<sup>124</sup> ainsi que les partis pris des machines qui dépendent de données foncièrement imparfaites. Cependant, certaines entreprises, comme Furhat Robotics en Suède, affirment que l'IA peut être utile pour passer des candidats en entrevue puisqu'elle n'est pas sujette à des partis pris et à des préjugés involontaires<sup>125</sup> comme les humains ont tendance à l'être. Pour cette raison, Furhat a créé Tengai,<sup>126</sup> un instrument humanoïde féminin d'IA qui réalise des entrevues auprès de candidats. La capacité de Tengai, lancé au début de 2020, de demeurer impartial reste à établir.

Une entreprise en ressources humaines a fait remarquer l'avantage de l'IA dans le processus de recrutement, mais est allée plus loin en exprimant sa viabilité quant à la gestion des ressources et des problèmes humains.



*Nous avons un nouvel assistant virtuel automatisé qui utilise l'IA pour détecter des problèmes humains précis actuels et futurs. Ces données peuvent nous aider à créer des solutions pour gérer les problèmes rapidement et efficacement, comme des risques pour la santé, le coût des avantages sociaux et le roulement de personnel. Nous faisons équipe avec d'autres entreprises pour déterminer si nous pouvons améliorer encore davantage le processus. [traduction]*

— PDG, services commerciaux et financiers (ressources humaines et recrutement), États-Unis

Le secteur des services commerciaux et financiers étant très vaste, il existe d'innombrables exemples d'applications de l'IA qui peuvent générer des impacts considérables. Bien que bon nombre de ces applications soient présentement de nature théorique, la vérification financière, y compris la détection des fraudes et les évaluations de crédit, est un secteur dans lequel l'IA a déjà eu des impacts significatifs. L'entreprise Finn AI de Vancouver mise sur des assistants financiers basés sur l'IA pour gérer différents problèmes, notamment la gestion des fonds et la prévention des pertes. De même, l'entreprise MindBridge AI d'Ottawa se spécialise dans la gestion des risques financiers par le déploiement du tout premier vérificateur basé sur l'IA au monde. La technologie de l'entreprise Finn AI a été adoptée par différentes banques, notamment BMO et ATB Financial,<sup>127</sup> et celle de MindBridge AI est utilisée par diverses organisations du monde entier. Forte de ce succès, cette dernière a récemment ouvert son tout premier bureau européen à Londres, au Royaume-Uni.<sup>128</sup>

<sup>123</sup> Jeanne Meister. « Ten HR Trends in the Age of Artificial Intelligence ». Forbes, 8 janvier 2019 :

<https://www.forbes.com/sites/jeannemeister/2019/01/08/ten-hr-trends-in-the-age-of-artificial-intelligence/#3191117b3219>.

<sup>124</sup> Jeffrey Dastin. « Amazon scraps secret AI recruiting tool that showed bias against women ». Reuters, 9 octobre 2018 : <https://www.reuters.com/article/us-amazon-com-jobs-automation-insight/amazon-scrap-secret-ai-recruiting-tool-that-showed-bias-against-women-idUSKCN1MK08G>.

<sup>125</sup> Pragya Agrawal, Ph. D. « Here is How Bias Can Affect Recruitment in Your Organization ». Forbes, 19 octobre 2018 : <https://www.forbes.com/sites/pragyaagarwaleurope/2018/10/19/how-can-bias-during-interviews-affect-recruitment-in-your-organisation/#7ee316bd1951>.

<sup>126</sup> « Tengai » : <https://www.tengai-unbiased.com/>.

<sup>127</sup> Finn AI : <https://www.finn.ai/solutions/>.

<sup>128</sup> « MindBridge announces opening of new office in London, United Kingdom ». MindBridge AI, 10 mars 2020 : <https://www.mindbridge.ai/press-releases/>.



## Technologie numérique

Les applications d'IA dans le secteur des technologies de l'information et des communications sont particulièrement diverses. Ce secteur peut inclure notamment les consultations technologiques, les médias et le divertissement, ainsi que les télécommunications. Souvent, les entreprises de ce secteur peuvent avoir plus d'une application pour cette technologie visant de nombreux produits. Par exemple, l'application Siri pour l'appareil iPhone est un assistant humanoïde de traitement du langage naturel disponible en plus de 20 langues. Parallèlement, les applications pour iPhone comme Apple Maps utilisent aussi des algorithmes d'optimisation basés sur l'apprentissage machine. La nouvelle fonctionnalité Face ID l'utilise également, ainsi que la technologie de reconnaissance faciale,<sup>129</sup> afin de « connecter » automatiquement les propriétaires d'appareils iPhone. En plus de l'iPhone, le prototype Overton AI d'Apple peut automatiser les cycles de vie de base de l'IA en générant des modèles capables de fournir des réponses à une série de questions.<sup>130</sup> Jusqu'à présent, on estime que les applications basées sur le prototype Overton ont répondu à des milliards de questions et analysé des billions de fichiers.<sup>131</sup>

Le secteur des médias numériques croît rapidement : l'IA peut améliorer l'expérience des utilisateurs et des créateurs de contenu. L'entreprise Broadband TV (BBTV) de Vancouver fournit des solutions de bout en bout pour gérer, distribuer et monétiser le contenu vidéo. En seulement 14 ans, elle est devenue la deuxième entreprise de propriété vidéo en importance au monde, après Google, quant au nombre d'utilisateurs uniques.<sup>132</sup> Une partie du succès de BBTV découle de son adoption de l'apprentissage machine, du traitement des signaux numériques et des données massives, outils qu'elle a utilisés pour créer des suites logicielles de gestion de contenu. En Ontario, la jeune entreprise Sodatone mise sur l'analyse des données massives et l'apprentissage machine pour permettre aux artistes et aux maisons de disques de suivre à la trace la diffusion en continu, les médias sociaux, les tournées, les palmarès et les données des listes de lecture sur une seule et même plateforme. De même, les plateformes de diffusion en continu déjà établies comme Netflix et Spotify utilisent massivement les algorithmes de l'apprentissage machine pour améliorer leurs services et formuler des recommandations personnalisées aux utilisateurs en fonction de leurs choix, améliorant ainsi l'expérience de divertissement des utilisateurs et, dans certains cas, les encourageant à choisir une version « premium » des services.

Un des répondants représentant une entreprise mondiale de jeux vidéo a parlé de la façon dont son entreprise utilise l'IA pour optimiser le processus de production.

<sup>129</sup> Tim Simonite. « Apple's Latest iPhones Are Packed with AI Smarts », WIRE, 12 septembre 2018 : <https://www.wired.com/story/apples-latest-iphones-packed-with-ai-smarts/>.

<sup>130</sup> Kyle Wiggers. « Apple details Overton AI development tool, whose models have processed 'billions' of queries », Venture Beat, 13 septembre 2019 : <https://venturebeat.com/2019/09/13/apple-details-overton-ai-development-tool-whose-models-have-processed-billions-of-queries/>.

<sup>131</sup> Ibidem.

<sup>132</sup> BBTV : <https://www.bbttv.com/about/>.



*L'IA est utilisée à différentes étapes du processus de développement de jeux. L'apprentissage machine a un grand impact sur l'art de la création de jeux vidéo. La création d'un produit à la main est dispendieuse et coûteuse en temps, mais aujourd'hui, les outils d'IA nous permettent de générer automatiquement un contenu nouveau et diversifié. [traduction]*

— Directeur, technologie numérique (médias et divertissement), France

La présence accrue de l'IA crée aussi de nouvelles possibilités et considérations en matière de services d'experts-conseils. En 2018, Deloitte a lancé sa pratique d'IA (Omina AI), alors que d'autres entreprises comme Accenture, KPMG, PwC ainsi que McKinsey & Company<sup>133</sup> renforcent aussi leur expertise dans le domaine des services d'experts-conseils en IA. Les firmes de services d'experts-conseils peuvent utiliser l'IA au sein de leurs propres organisations pour les mêmes raisons que d'autres entreprises le font, soit pour analyser les données massives afin d'enrichir la prise de décisions, de rationaliser les processus, ou d'intégrer de nouvelles pratiques. Toutefois, au fur et à mesure que l'utilisation de l'IA augmente dans divers secteurs de l'industrie, bon nombre de ces firmes de services d'experts-conseils servent de plus en plus d'entreprises qui désirent adopter l'IA dans le cadre de leurs activités.

Une des entreprises interrogées de services d'experts-conseils en Australie a parlé des secteurs d'activité auxquels l'IA leur avait permis d'accéder.



*Notre entreprise de services d'experts-conseils travaille en collaboration avec les clients pour optimiser leurs actifs de données et proposer des solutions novatrices qui stimulent la valeur de leur entreprise. Nos cinq principaux piliers sont les données et l'analytique, l'IA, la transformation numérique, l'engagement des consommateurs, et la technologie infonuagique. Nous travaillons surtout avec des entreprises de premier et de deuxième échelons dans différentes industries, notamment les services financiers, les télécommunications et l'administration publique. Nous travaillons avec les clients pour améliorer leurs pratiques opérationnelles et leur rendement, l'IA étant le principal pilier de leur modèle opérationnel. [traduction]*

— Consultant principal, technologie numérique (services d'experts-conseils), Australie

<sup>133</sup> « The Forrester Wave: AI Consultancies, Q3 2019 ». Forrester, 16 septembre 2019 : <https://www.forrester.com/report/The+Forrester+Wave+AI+Consultancies+Q3+2019/-/E-RES146756>.



## Sciences de la vie

La prestation de services de soins de santé nouveaux et novateurs et la préparation de nouveaux médicaments (biotechnologie) exigent beaucoup de données et d'analyses. Le secteur des sciences de la vie, englobant des domaines comme la biotechnologie, la microbiologie et la généalogie, pourrait grandement bénéficier de la mise en œuvre de l'IA.

De plus en plus, l'IA est mise à profit pour améliorer les diagnostics et l'expérience des patients. L'entreprise torontoise ConversationHEALTH offre une suite de logiciels-services sous la forme d'applications de messagerie, de sites Web, de dispositifs vocaux et de bannières publicitaires qui permettent aux entreprises de soins de santé d'entrer dans l'« ère de la conversation ». Selon l'entreprise, 85 % des interactions entre un utilisateur et une marque en 2020 se feront par le biais de robots conversationnels. Les utilisateurs de cette suite peuvent faire le suivi de la prise de médicaments, fixer des rendez-vous et recevoir des conseils médicaux.<sup>134</sup> Swift Medical, une entreprise en sciences de la vie fondée en 2015 aussi basée à Toronto, utilise l'IA pour déterminer la gravité des blessures et la vitesse du processus de guérison. Les outils de Swift Medical sont utilisés dans plus de 2 000 établissements médicaux.<sup>135</sup> En Colombie-Britannique, le géant des télécommunications TELUS, basé à Vancouver, a développé une application appelée Babylon qui emploie un vérificateur de symptômes par clavardage alimenté par IA pour simplifier le processus de diagnostic. La pandémie de la COVID-19 ayant projeté la télémédecine sous le feu des projecteurs,<sup>136</sup> les applications comme Babylon permettent aux utilisateurs de communiquer directement avec des médecins ainsi que d'obtenir des diagnostics, des renvois de référence et même des ordonnances.<sup>137</sup>

Bien qu'une seule des personnes interrogées pour la présente étude provenait du secteur des sciences de la vie, ce représentant d'une entreprise mondiale en biotechnologie affirmait que l'IA offre de nombreuses possibilités pour le secteur. Cependant, les répondants ont clairement précisé que l'IA devrait venir compléter les compétences et les connaissances des professionnels de la santé actuels et non pas les remplacer.



*En soins de santé, l'IA n'est pas de l'intelligence artificielle, mais plutôt de l'intelligence amplifiée. Nous ne remplaçons pas les techniciens et les scientifiques : nous venons plutôt amplifier et compléter leurs compétences actuelles. [traduction]*

— Scientifique principal, sciences de la vie (biotechnologies), Royaume-Uni

<sup>134</sup> conversationHEALTH : <https://www.conversationhealth.com/>.

<sup>135</sup> Swift : <https://swiftmedical.com/>.

<sup>136</sup> Lee H. Schwamm. « Can telehealth help flatten the curve of COVID-19? ». Harvard Health Publishing, 24 mars 2020 : <https://www.health.harvard.edu/blog/can-telehealth-help-flatten-the-curve-of-covid-19-2020032419288>.

<sup>137</sup> « Babylon par TELUS Santé » : <https://www.telus.com/fr/bc/health/personal/babylon?linktype=ge-meganav>.



Des entreprises comme Deep Genomics de Toronto tentent de faire de cette fusion de professions scientifiques traditionnelles et de technologies une pratique courante. Une entreprise en sciences de la vie utilisant l'IA pour bonifier les recherches existantes en génétique et génomique, Deep Genomics, vise à développer plus rapidement et efficacement des médicaments génétiques ayant un taux élevé de succès.<sup>138</sup>

Le chef de file pharmaceutique mondial AstraZeneca se tourne aussi vers l'IA. L'utilisant pour générer des « graphes de connaissances », AstraZeneca a recours à l'apprentissage machine pour prédire si un médicament est susceptible d'être néfaste avant les essais cliniques. Ce processus permet à l'entreprise de découvrir et d'écartier des médicaments qui ont échoué tôt dans le processus, réduisant le gaspillage des ressources en recherche et développement et atténuant les effets potentiellement néfastes sur les humains.<sup>139</sup>

En ce qui concerne la mise à l'essai de médicaments, d'importantes activités en matière de recherche en vaccination et analyses virologiques ont été observées au cours des derniers mois. La COVID-19 se propage rapidement dans le monde entier, et le Canada n'a pas été épargné. La transmission communautaire étant maintenant la principale cause d'infection au pays,<sup>140</sup> la demande pour un dépistage qui produit des résultats plus rapidement est de plus en plus forte. Certains progrès sont manifestes : l'entreprise Spartan Health située à Ottawa a récemment développé un appareil portable de dépistage de la COVID-19 (Cube) qui utilise l'IA pour analyser l'ADN recueilli lors d'un prélèvement sur écouvillon.<sup>141</sup> Une fois l'échantillon inséré dans l'appareil d'analyse de l'ADN, le Cube produit des résultats en 30 minutes. Bien que Santé Canada ait initialement autorisé Spartan à déployer le Cube,<sup>142</sup> Spartan a récemment volontairement cessé l'envoi d'appareils après que Santé Canada ait exprimé des inquiétudes quant à son efficacité dans la réalité par rapport à celle observée en laboratoire.<sup>143</sup>

<sup>138</sup> Deep Genomics : <https://www.deepgenomics.com/platform/>.

<sup>139</sup> Claus Bendtsen, et autres. « How data and AI are helping unlock the secrets of disease ». AstraZeneca, 1er novembre 2019 : <https://www.astrazeneca.com/what-science-can-do/labtalk-blog/uncategorized/how-data-and-ai-are-helping-unlock-the-secrets-of-disease.html>.

<sup>140</sup> Maryam Shah. « 65% of reported COVID-19 cases in Canada related to community transmission: latest data ». Global News, 28 mars 2020 : <https://globalnews.ca/news/6747218/coronavirus-canada-community-transmission/>.

<sup>141</sup> « Ottawa company readies a quick COVID-19 test ». Canadian Healthcare Technology, 25 mars 2020 : <https://www.canhealth.com/2020/03/25/ottawa-company-readies-a-quick-covid-19-test/>.

<sup>142</sup> « Health Canada approves Spartan Bioscience's portable COVID-19 test ». National Post, 13 avril 2020 : <https://nationalpost.com/pmnl/news-pmnl/canada-news-pmnl/health-canada-approves-spartan-biosciences-portable-covid-19-test>.

<sup>143</sup> « Rapid test for COVID-19 recalled after Health Canada expresses concerns ». CTV News, 3 mai 2020 : <https://www.ctvnews.ca/health/coronavirus/rapid-test-for-covid-19-recalled-after-health-canada-expresses-concerns-1.4922786>.





## Ressources naturelles

Incontestablement, l'intégration de l'IA est une pierre angulaire de la transition graduelle vers une économie surtout axée sur les services, mais l'extraction de ressources demeure un secteur essentiel de prospérité mondiale. Le Canada dépend largement de son industrie des ressources naturelles, y compris des secteurs de l'énergie, de l'exploitation minière, du pétrole et du gaz, et de l'exploitation forestière. En 2018, l'industrie des ressources naturelles représentait directement et indirectement plus du sixième du PIB total du Canada, les plus importants secteurs étant, par ordre d'importance, l'énergie, l'exploitation minière et l'exploitation forestière.<sup>144</sup> La prédominance de l'extraction des ressources a connu une baisse marquée en raison des récents chocs mondiaux comme la guerre mondiale des prix du pétrole et la pandémie de la COVID-19. Les prix du pétrole au Canada ont chuté,<sup>145</sup> mais cette baisse donne aussi naissance à de nouvelles possibilités.

Chaque sous-secteur des ressources naturelles inclut de nombreuses étapes et mesures précises, notamment des études de site, le contrôle de la qualité, l'établissement des prix et l'expédition. Pour bon nombre d'entreprises, une grande majorité de ces étapes ont déjà été automatisées dans une certaine mesure,<sup>146</sup> lesquelles devraient d'ailleurs être perturbées encore davantage par l'utilisation accrue de l'IA. Partout dans le monde, des entreprises du secteur des ressources naturelles commencent à adopter les technologies numériques pour réduire les impacts et les coûts environnementaux tout en améliorant la sécurité. La possibilité de continuer de tirer parti de la technologie à ces fins pourrait prendre encore plus d'ampleur en raison du ralentissement économique mondial actuel, lequel a eu un impact colossal sur l'emploi dans le secteur,<sup>147</sup> ainsi que des conséquences inattendues mais appréciées pour l'environnement.<sup>148</sup>

Une des personnes interrogées provenant d'une société minière mondiale a partagé ses plans d'intégration de l'IA afin d'améliorer la sécurité des employés et d'optimiser les processus existants.



*Nous avons une feuille de route montrant où nous voulons aller à l'avenir. Globalement, le but est d'automatiser les tâches et les services. Nous voulons aussi pouvoir utiliser l'IA pour surveiller la sécurité et le bien-être. Dans le secteur de l'exploitation minière particulièrement, il s'agira plutôt d'optimiser les processus liés aux ressources naturelles. [traduction]*

— Chef de file mondial, ressources naturelles (exploitation minière), Royaume-Uni

<sup>144</sup> « 10 faits sur les ressources naturelles au Canada ». Ressources naturelles Canada, 2019 : <https://www.rncan.gc.ca/sites/www.rncan.gc.ca/files/emmc/pdf/2019/2019-KFF-FR.pdf>.

<sup>145</sup> Hannah Jackson. « Coronavirus: How is the COVID-19 outbreak affecting gas prices in Canada? ». Global News, 9 mars 2020 : <https://globalnews.ca/news/6649509/coronavirus-gas-prices-canada/>.

<sup>146</sup> « Rapport des Tables de stratégies économiques du Canada : Ressources de l'avenir ». ISDE, octobre 2018 : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/098.nsf/fra/00026.html>.

<sup>147</sup> Sean McIntosh. « Alberta Premier expects oil and gas employment number to become 'much, much worse' ». Eckville Echo, 9 avril 2020 : <https://www.eckvilleecho.com/news/alberta-premier-expects-oil-and-gas-employment-numbers-to-become-much-worse/>.

<sup>148</sup> Paul Caine. « Environmental Impact of COVID-19 Lockdowns Seen from Space ». WTTW, 2 avril 2020 : <https://news.wttw.com/2020/04/02/environmental-impact-covid-19-lockdowns-seen-space>.

L'intégration de l'IA dans le secteur des ressources naturelles permet de réaliser de nombreuses avancées. Par exemple, dans l'industrie forestière, l'apprentissage machine a permis d'améliorer la vitesse et l'exactitude de l'analyse des espèces d'arbres, de l'estimation du volume de bois et de la mesure des dimensions des arbres.<sup>149</sup> L'entreprise PhotoSat de Vancouver offre le seul service technique d'arpentage par satellite du monde dans le secteur de l'exploitation minière, de l'énergie et de l'exploitation forestière. PhotoSat utilise des algorithmes d'apprentissage machine pour transformer des photos prises par satellite en modèles tridimensionnels des chantiers.

L'IA peut aussi transformer radicalement le vaste secteur de la production énergétique, les réseaux électriques étant l'un des plus clairs exemples. Notre consommation d'énergie augmente au fil et à mesure que la population mondiale augmente. L'énergie devra être récupérée, stockée et utilisée selon les besoins. Les réseaux intelligents utilisant l'IA constituent un élément essentiel d'une infrastructure énergétique fiable. Par exemple, les réseaux intelligents dotés d'IA peuvent fonctionner comme un jumeau numérique en combinant les données historiques aux capacités analytiques avancées et à l'apprentissage machine pour recenser plus tôt les zones qui nécessitent un entretien et une attention particulière. Puisque notre demande de consommation énergétique augmente, les réseaux intelligents permettront d'éviter les interruptions de service et les problèmes majeurs comme les pannes.<sup>150</sup>

Une des entreprises interrogées exploitant une plateforme mondiale d'entretien de réseaux a parlé de la façon dont l'IA permet de s'assurer que les actifs sont bien utilisés, qu'ils sont efficaces et qu'ils aident les clients à investir dans un avenir fondé sur les énergies renouvelables.



*Nous gérons beaucoup de données, et une grande partie des corrections et des étapes régulières de traitement des données se fait donc par des algorithmes d'apprentissage machine. Nous ne développons pas d'outils d'IA. Nous utilisons des techniques de l'apprentissage machine pour améliorer et optimiser le réseau électrique de façons précises. Nous travaillons avec des très importants clients industriels et nous les aidons à raccorder l'ensemble du réseau d'énergies renouvelables, de véhicules électriques, etc. Notre but est d'aider les entreprises à investir dans les énergies propres et renouvelables et à rendre le monde un peu plus propre et vert. [traduction]*

— PDG, ressources naturelles (électricité), Tchèque

<sup>149</sup> Peter Taillon. « Artificial Intelligence and the Forestry Sector ». CTIC, 31 octobre 2019 : <https://www.ictc-ctic.ca/artificial-intelligence-forestry-sector/>.

<sup>150</sup> Herman K. Trabish. « How does AI improve grid performance? No one fully understands and that's limiting its use ». Utility Dive, 14 novembre 2019 : <https://www.utilitydive.com/news/how-does-ai-improve-grid-performance-no-one-fully-understands-and-thats-l/566997/>.



## Transport et logistique

L'IA peut être utilisée de différentes façons pour améliorer le transport, la logistique et les chaînes d'approvisionnement. Par exemple, elle peut servir à automatiser les grands entrepôts. C'est le cas d'Ocado, une chaîne de supermarchés au Royaume-Uni. Ocado utilise un robot qui peut effectuer 65 000 commandes par semaine. La machine réduit considérablement le temps et les coûts de main-d'œuvre et optimise le mouvement des articles vers leurs destinations finales.

Attabotics, une entreprise de chaînes d'approvisionnement robotisées basée à Calgary, fabrique un produit modulaire tout-en-un de chaîne d'approvisionnement pour réduire de 85 % les besoins en entrepôt. Il remplace le rayonnage en entrepôt par des structures de stockage verticales auxquelles s'attardent des navettes robotisées.<sup>151</sup>

Dans le secteur du transport, l'IA fait partie intégrante des développements de mobilité intelligente comme la surveillance intelligente de la circulation et les véhicules autonomes. Par exemple, Waymo de Google a récemment lancé le premier service de taxi commercial au monde, lequel utilise des voitures autonomes en Arizona. L'entreprise, en plus de Tesla, travaille aussi sur la construction de camions autonomes. Le tout nouveau camion Semi de Tesla propose un système de « pilote automatique amélioré » qui utilise l'IA pour éviter les collisions tout en améliorant le positionnement sur les voies et la protection en cas de renversement.<sup>152</sup>

Bien que l'IA soit une partie importante des options prospectives de mobilité intelligente comme les véhicules autonomes, bon nombre d'entreprises de transport utilisent aussi présentement l'IA pour générer des gains d'efficacité, améliorer les conditions routières et gérer la circulation. L'« IA de la circulation » désigne toute application de l'IA aux systèmes de circulation.<sup>153</sup> Des données sont recueillies à partir des systèmes de circulation connectés, comme les feux de circulation, les ponts ou d'autres infrastructures, et l'apprentissage machine permet d'analyser ces données en regard des comportements au volant actuels et historiques dans une zone donnée afin de suggérer des « solutions »<sup>154</sup> aux problèmes de goulots d'étranglement ou de congestion.

D'autres développements de mobilité intelligente, comme le covoiturage, utilisent massivement l'IA pour optimiser les déplacements, planifier les itinéraires les plus efficaces, intégrer des mécanismes de rétroaction des clients, et au bout du compte, offrir la meilleure expérience possible à bord d'un véhicule.

Une des personnes interrogées provenant d'une entreprise mondiale de covoiturage a souligné la valeur de l'IA pour son entreprise, mentionnant précisément l'appariement de la demande de services et de l'offre disponible.

<sup>151</sup> Amanda Stephenson. « Robotic logistics company ATTAbotics awarded \$4.5M from city's \$100M fund ». Herald, 13 décembre 2018 : <https://calgaryherald.com/business/local-business/robotic-logistics-company-attabotics-inc-awarded-4-5m-from-citys-100m-fund>.

<sup>152</sup> « Tesla Semi » : <https://www.tesla.com/semi>.

<sup>153</sup> « Traffic AI: A Real-Life Use Case ». HERE Mobility : <https://mobility.here.com/learn/smart-transportation/traffic-ai-real-life-use-case>.

<sup>154</sup> Ibidem.



*Je vois beaucoup de valeur pour l'IA sur le marché, pour équilibrer l'offre et la demande, ce qui suppose de montrer aux gens les bonnes voitures, au bon endroit, au bon moment, une chose qui peut être difficile à faire. Ce problème peut être atténué grâce à un processus qui permet aux gens de choisir leurs spécifications. Un algorithme les concorde ensuite efficacement selon leurs besoins. [traduction]*

— Directeur général, transport, États-Unis

Pour les applications de covoiturage, la satisfaction et la sécurité des consommateurs sont d'importants facteurs à prendre en compte. L'IA peut aussi jouer un rôle en la matière. Par exemple, Uber a récemment créé une fonction de clavardage habilitée par l'IA appelée OneClick.chat. Cette fonction de clavardage fonctionne de la façon suivante : lorsqu'un passager écrit un message au conducteur, le message est envoyé à la plateforme d'apprentissage machine d'Uber, qui utilise le traitement du langage naturel pour prétraiter le message et fournir des résultats ou des prédictions sur l'intention possible.<sup>155</sup> En se fondant sur l'intention supposée, elle suggère trois ou quatre réponses au conducteur, qui peut valider une réponse et la renvoyer au passager en un seul clic.<sup>156</sup> La plateforme permet des voies de communication claires et instantanées entre le passager et le conducteur. Le système d'évaluation en est un autre exemple. À l'aide des données recueillies sur les évaluations des nombreux déplacements de diverses personnes, un « profil » est généré sur le conducteur et le passager. Ce profil aide ainsi à lever toute ambiguïté concernant le dossier de conduite, la propreté de la voiture, la ponctualité et d'autres critères qui affectent l'expérience de conduite et influencent la sécurité.

<sup>155</sup> Synced. « How Uber & Lyft Use AI to Improve Ride Experience ». Medium, 8 juillet 2019 : <https://medium.com/syncedreview/how-uber-lyft-use-ai-to-improve-ride-experience-f7ffc722dedc>.

<sup>156</sup> Ibidem.

## RÉCAPITULATION : L'IA ATTIRE-T-ELLE DES IED AU CANADA?

De plus en plus, le Canada est reconnu comme un carrefour mondial de l'IA, accueillant l'une des concentrations par habitant les plus importantes de scientifiques et de chercheurs dans le domaine. Les entreprises interrogées dans le cadre de la présente étude considéraient que le Canada était une destination particulièrement intéressante pour des investissements en IA, en grande partie grâce à ses capacités de recherche croissantes et aux progrès réalisés au sein de carrefours régionaux clés. Presque toutes étaient au courant des progrès du Canada en matière d'IA, soulignant la disponibilité des talents qualifiés et ses solides capacités de recherche comme des facteurs d'attraction d'investissements. Une nette majorité de ces entreprises estimaient que le Canada était une destination privilégiée pour les IED en IA, mais démontraient également un intérêt particulier pour le pays dans le contexte de leurs propres stratégies d'investissement. Bien qu'il existe certains obstacles, notamment la réglementation ambiguë et des inquiétudes quant à la rétention des talents, bon nombre des répondants estimaient que le Canada était un important concurrent en matière d'IED axés sur l'IA et ont fait remarquer que le Canada pouvait contribuer de manière significative à l'écosystème mondial d'IA.

La section suivante présente quelques-uns des facteurs clés que les entreprises interrogées considèrent comme essentiels à la capacité du Canada d'attirer des IED fondés sur l'IA.

### **Les talents canadiens qualifiés en IA : un facteur d'attraction majeur**

La disponibilité des talents qualifiés en IA au Canada a été citée comme l'un des principaux facteurs favorisant les IED axés sur l'IA par les entreprises interrogées dans le cadre de la présente étude. Presque toutes (95 %) connaissaient au moins quelques-uns des développements clés dans le secteur canadien de l'IA, plusieurs d'entre elles citant d'importants établissements d'enseignement de premier ordre comme l'Université de Toronto, l'Université McGill et l'Université de l'Alberta formant des talents qualifiés. Ces talents étaient considérés comme essentiels pour accroître la commercialisation et la recherche du Canada en matière d'IA.

Les personnes interrogées ont également parlé de la disponibilité relative de talents qualifiés en IA au Canada, précisant que les établissements d'enseignement proposés en plus de l'Université de la Colombie-Britannique et de l'Université de Waterloo formaient des talents hautement qualifiés en grand nombre. De plus, elles ont également dit connaître certaines organisations comme l'Institut Vecteur de Toronto, l'Institut Mila à Montréal et Amii à Edmonton, chacune étant dotée d'un solide bassin de talents qualifiés en recherche sur l'IA.

## **Une capacité d'attirer des talents internationaux qualifiés incontestable**

Grâce à sa culture accueillante et à son système d'immigration libéral qui priorise les talents qualifiés, le Canada, selon les répondants, est certainement capable d'attirer des talents qualifiés formés à l'étranger, un point mettant en lumière les politiques d'immigration plus conservatrices des États-Unis. Ils ont fait remarquer que ce système d'immigration plus libéral, en plus des processus simplifiés comme la Stratégie en matière de compétences mondiales qui traite les demandes admissibles de permis de travail en deux semaines, offre au Canada un important avantage pour attirer des talents internationaux qualifiés en IA, y compris des travailleurs de niveau intermédiaire et supérieur.

## **Développement de carrefours régionaux**

Les entreprises interrogées ont mentionné plusieurs carrefours d'IA au Canada comme facteur d'attraction des talents internationaux et possible incitatif pour la conservation des talents nationaux. Bien que les forces des carrefours soient surtout perçues dans un contexte opposant la recherche en IA et la commercialisation, la majorité des entreprises interrogées étaient au courant des avancées cruciales réalisées à Toronto, à Montréal et à Edmonton. Selon elles, l'Institut Vecteur (Toronto), l'Institut Mila (Montréal) et Amii (Edmonton) sont indispensables au soutien de la croissance de leurs carrefours régionaux et à l'attraction de chercheurs et d'IED. Bon nombre des répondants savaient que des sociétés internationales comme Google, Facebook et IBM s'étaient installées dans ces régions. Quelques carrefours « prometteurs » ont également été mentionnés, les plus connus étant Vancouver et Ottawa.

## **Leadership en matière d'IA éthique**

Malgré les difficultés croissantes relatives à la lenteur ou à l'ambiguïté de la réglementation en plus des défis liés à l'expansion, les entreprises interrogées considéraient que les consultations et les efforts de normalisation qui ont été déployés au Canada en IA étaient prudents. Particulièrement, bien que la stratégie du Canada en matière de réglementation de l'IA se fonde sur des données probantes, les répondants ont parlé de la lenteur de son déploiement. Ils ont indiqué que l'approche du Canada est expressément différente (et plus responsable) que l'approche « passive » des États-Unis. Plusieurs estimaient que le Canada avait le potentiel de faire preuve de leadership en adoptant des politiques et une réglementation responsables en matière d'IA, en plus d'ancrer la commercialisation des produits de l'IA dans ces normes.

Les facteurs susmentionnés et bien d'autres contribuent à une perception massivement positive de la recherche en IA au Canada, ainsi que du développement et des possibilités d'investissement dans le domaine. Toutefois, les répondants ont souligné certains obstacles, bien qu'ils ne soient pas urgents à court terme, que le Canada doit aborder à long terme.

## **Enjeux en matière d'expansion : Le Canada dispose d'une bonne capacité de recherche, mais il doit stimuler la commercialisation**

Alors que l'accès à des talents qualifiés était considéré comme un facteur d'attraction des IED axés sur l'IA au Canada, le nombre relativement petit de modèles de réussite locaux en IA a été relevé par les répondants comme étant une source de préoccupation future. Bien que la recherche en IA au Canada soit solide, les répondants ont parlé d'une méconnaissance des entreprises canadiennes d'importance dans le domaine de l'IA. Certains des répondants connaissaient quelque peu Element AI, la seule entreprise canadienne à se retrouver dans le classement des 100 plus importantes entreprises en IA au monde de CBI Insights en 2019, mais la plupart ont exprimé au moins un certain degré d'inquiétude quant au manque de grandes entreprises d'IA au Canada. Par rapport à des pays concurrents comme les États-Unis, la Chine et l'Europe, le Canada reste timide en matière de commercialisation et d'expansion. La présence de cas de réussite locaux, bien que moins critique que l'accès aux talents et la réglementation, était considérée par certains comme importante pour les IED.

## **Préoccupations relatives à la conservation des talents**

Bien que les répondants aient louangé le Canada pour sa formation de diplômés qualifiés en IA et sa capacité d'aller chercher des talents en IA formés à l'étranger, certains s'inquiétaient aussi des problèmes de conservation de la main-d'œuvre, surtout en raison de la proximité des États-Unis. L'accès à d'importants carrefours technologiques aux États-Unis comme New York, Boston, Seattle et la Silicon Valley étant facile, tant sur le plan géographique que par le biais de processus de demande de permis comme le L-1 et le TN, les répondants se sont dits préoccupés par l'exode des talents. Ils s'inquiétaient surtout que les salaires supérieurs et l'accès plus facile aux grandes entreprises technologiques aux États-Unis, en plus du coût élevé de la vie dans des villes comme Toronto et Vancouver, puissent représenter des défis en termes de conservation de talents pour les investisseurs qui s'établissent au Canada.

## **La lenteur de la réglementation est un problème**

Bien que le Canada ait connu certaines avancées dans le domaine des normes en IA et de l'élaboration de normes, au bout du compte, près de 65 % des répondants ayant cerné des obstacles à l'attraction d'IED au Canada se sont dits préoccupés par la réglementation « ambiguë ». Plusieurs répondants estimaient que la réglementation sur le développement de l'IA et l'utilisation des données était « ambiguë » et « mal comprise » au Canada. Bon nombre d'entre eux supposaient que le Canada se situait quelque part entre les États-Unis et l'Union européenne en la matière, mais ont exprimé certaines appréhensions quant à l'absence de réglementation officielle ou de position ferme, en plus des difficultés qu'ont soulevées certains d'entre eux quant à leur compréhension des différentes politiques et lois dans l'ensemble des provinces.

Bien qu'il ne s'agisse pas d'un obstacle immédiat, certains répondants estimaient que la réglementation ambiguë pouvait décourager les investissements à long terme. Si elles ne comprennent pas bien l'impact de la réglementation sur leurs activités au Canada, les entreprises pourraient chercher d'autres options.

Le Commissariat à la protection de la vie privée du Canada examine présentement des réformes législatives de la *Loi sur la protection des renseignements personnels et les documents électroniques* (LPRPDE) et de la *Loi sur la protection des renseignements personnels*. Une consultation a été lancée en février 2020 sur une réglementation appropriée en matière d'IA. Pour en faciliter l'étude, le Commissariat a dressé une liste de 11 propositions pour la modification de la LPRPDE, plusieurs trouvant des parallèles avec le *Règlement général sur la protection des données* de l'Union européenne..



# CONCLUSION

L'IA est une technologie de transformation qui pourrait avoir des répercussions considérables dans tous les secteurs de l'économie. Au Canada et ailleurs dans le monde, les entreprises utilisent l'IA pour répondre à un vaste éventail de besoins opérationnels, notamment pour améliorer leurs processus internes, générer des gains d'efficacité, rehausser l'expérience de leurs clients, mettre au point de nouvelles gammes de produits ou de services, ou gérer les risques. Les experts de l'industrie interrogés dans le cadre de la présente étude provenaient de huit pays et de sept secteurs différents. Malgré des différences d'utilisation ou de déploiement, tous ces experts ont fait valoir et souligné l'impact et la valeur de l'IA.

Indépendamment du temps passé à utiliser l'IA ou à y investir, toutes les personnes interrogées ont déclaré que l'IA sera très utile à court et à long terme. Elles étaient pour la plupart optimistes et désireuses de poursuivre et d'accroître leurs investissements en IA. Quelques obstacles organisationnels ont cependant été mentionnés, notamment un manque d'expertise organisationnelle dans les domaines pertinents, une certaine réticence à essayer des technologies « risquées », ainsi que des difficultés à comprendre les exigences réglementaires, tant à l'échelle locale qu'internationale.

Presque tous les répondants ont déclaré être au courant des principales réalisations canadiennes en IA, comme l'initiative Scale AI, ainsi que les grands carrefours que sont Montréal, Toronto et Edmonton. En lien avec ces carrefours, bon nombre des répondants ont aussi fait l'éloge des talents qualifiés formés dans des établissements comme l'Université de Toronto, l'Université McGill et l'Université de l'Alberta, tout en faisant observer que le Canada est considéré comme un pays attrayant pour les talents internationaux. Ensemble, ces atouts font du Canada une destination de choix pour les investissements en IA, et bon nombre des personnes interrogées estimaient que le Canada était une « excellente destination » pour les investissements en IA. Parmi les préoccupations exprimées, mentionnons une appréhension relative à la concurrence pour les talents, la petite taille de l'écosystème local et la lenteur du Canada à mettre en place une réglementation sur l'IA (un aspect de moindre importance à ce stade). La majorité des personnes interrogées ne considéraient pas ces préoccupations comme des obstacles à l'investissement à court terme dans l'écosystème canadien de l'IA.

Le Canada dispose d'un solide bassin de talents en IA, d'un large éventail de chercheurs dans le domaine qui étudient des cas pratiques pertinents, et d'un système d'immigration accueillant et bien organisé qui priorise les talents internationaux hautement spécialisés. Lorsqu'ils sont combinés à des solutions novatrices aux défis sociétaux actuels et au leadership mondial croissant dans des domaines comme l'IA éthique, ces facteurs font du Canada une destination attrayante pour les investissements en IA.



# ANNEXES

## Méthodologie de recherche

La présente étude comporte des recherches primaires et secondaires. La recherche primaire réalisée était de nature qualitative, tandis que la recherche secondaire s'appuyait en grande partie sur des données quantitatives extraites de divers ensembles de données existants, ainsi que sur une analyse de la documentation provenant de sources nationales et internationales.

### Recherche primaire

Au total, le CTIC a mené 20 entrevues auprès d'un groupe diversifié d'entreprises établies dans divers pays. Les participants ont été recrutés par le biais d'invitations ciblées, puis les entrevues ont été menées de janvier à avril 2020. Les personnes interrogées étaient toutes des experts en IA et la plupart connaissaient bien les besoins opérationnels, les possibilités d'investissement, les défis, etc. Œuvrant dans sept secteurs et établies dans huit pays, la plupart des entreprises interrogées généraient des revenus annuels élevés (près de la moitié des entreprises affichaient des revenus annuels d'au moins 1 milliard de dollars).

Les entrevues duraient environ une heure chacune. Les personnes interrogées ont abordé des sujets se rapportant aux activités de leur entreprise et aux perspectives économiques générales, aux besoins et aux cas pratiques en matière d'IA et aux obstacles perçus, ainsi que des questions expressément liées au Canada et aux possibilités d'investissement. Ces questions visaient à déterminer les niveaux de connaissance à l'égard des réussites canadiennes en IA, ainsi qu'à comprendre notamment les perceptions envers le Canada en tant que destination potentielle pour l'expansion ou les investissements des entreprises internationales, ses avantages et ses obstacles.

Les entreprises consultées ont été soigneusement sélectionnées en lien avec les sept secteurs d'intérêt suivants (le nombre de participants est indiqué entre parenthèses) : la fabrication de pointe (2), les technologies agricoles et océaniques (3), les services commerciaux et financiers (2), la technologie numérique (6), les sciences de la vie (1), les ressources naturelles (3), ainsi que le transport et la logistique (3).

Afin de respecter la confidentialité des personnes interrogées, toutes les informations recueillies lors des entrevues menées dans le cadre de la présente étude sont présentées uniquement sous forme agrégée. Toutes les citations utilisées pour illustrer les résultats ont été anonymisées, et les données d'identification personnelles ont été supprimées.

## Recherche secondaire

Le volet de recherche secondaire de la présente étude comprenait une analyse documentaire approfondie des rapports existants et de la documentation pertinente publiés au Canada et ailleurs dans le monde. Les données utilisées pour l'analyse provenaient de bases de données, notamment celles de l'Organisation de coopération et de développement économiques, de la Banque mondiale, de Statistique Canada et de Trading Economics. En raison de la nature volatile des technologies émergentes, ainsi que des réalités économiques actuelles provoquées par la pandémie de COVID-19, les récents événements et les nouvelles pertinentes ont également été pris en compte, le cas échéant.

## Limites de la recherche

Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude étaient toutes d'importants experts internationaux expérimentés en IA. Les entrevues menées auprès d'informateurs clés sont une méthode incomparable pour recueillir des renseignements et des points de vue détaillés qui ne sont pas disponibles par le biais des données existantes. Cependant, bien que les entrevues menées auprès d'informateurs clés permettent d'obtenir des perspectives auprès des chefs de file de l'industrie, les données ainsi obtenues sont toujours qualitatives, en ce sens qu'elles devraient être exprimées comme des perspectives et des commentaires intéressants, et non comme une référence censée relayer une croissance future ou des possibilités concrètes. De plus, la présente étude étant fondée sur un total de 20 entrevues menées auprès de représentants de divers pays et secteurs d'activité, le CTIC souligne que cet échantillon est trop petit pour fournir une représentation globale des besoins, des possibilités ou des menaces en matière d'IA. Encore une fois, ces résultats doivent être considérés et compris comme étant des perspectives pertinentes plutôt que des tendances objectives. Le CTIC a aussi tenté de solliciter des entrevues auprès d'entreprises chinoises d'IA, en raison de la présence de la Chine sur le marché mondial dans ce domaine, mais n'a malheureusement pas réussi à trouver de candidats disposés à participer. Les progrès réalisés dans le domaine de l'IA étant protégés par des droits de propriété intellectuelle et de nature concurrentielle, contrairement à la technologie 5G ou à la technologie de la blockchain, lesquelles se servent fréquemment de plateformes existantes, plusieurs candidats aux entrevues ont exprimé des inquiétudes quant aux questions qui seraient posées. Plusieurs ont déclaré ne pas être en mesure de participer ou de communiquer des renseignements concernant leurs pratiques d'IA en raison de politiques strictes sur la protection de la propriété intellectuelle.

Par ailleurs, l'arrivée de la pandémie mondiale de la COVID-19 aura sans aucun doute des répercussions colossales sur l'économie mondiale, notamment les technologies émergentes comme l'IA. Une recherche plus approfondie menée sur une plus longue période est nécessaire pour bien comprendre ces impacts et leurs répercussions sur la commercialisation, l'expansion et l'investissement.

## Analyse FFPM : Profil du Canada en matière d'investissement en IA

Les analyses FFPM sont souvent réalisées pour des secteurs ou des produits précis. Toutefois, la section suivante présente une analyse des forces et des faiblesses du Canada, ainsi que des possibilités et des menaces, en regard de sa capacité d'attirer des investissements axés sur l'IA. Fondée à la fois sur la recherche secondaire et les perspectives recueillies dans le cadre d'entrevues menées auprès d'investisseurs potentiels, cette analyse a pour objectif de mettre en évidence les domaines de réussite, les difficultés existantes, les obstacles potentiels et les futures possibilités pour le Canada dans sa quête d'investissements en IA.

### Forces

#### *L'offre de talents et la capacité de recherche d'établissements d'enseignement dynamiques*

Comme l'ont exprimé la plupart des personnes interrogées dans le cadre de la présente étude, le système d'éducation et l'offre de talents du Canada dans le domaine de l'IA sont reconnus et respectés. Dans l'ensemble, le système d'éducation canadien s'est classé au 3e rang sur 80 pays, selon le plus récent classement du U.S. News & World Report (établi en fonction de 75 paramètres d'évaluation).<sup>157</sup> Selon le plus récent classement mondial des universités de QS, 6 universités canadiennes se sont classées parmi les 100 premières en informatique : l'Université de Toronto (10e rang), l'Université de Waterloo (24e rang), l'Université de la Colombie-Britannique (25e rang), ainsi que l'Université McGill, l'Université de Montréal et l'Université de l'Alberta (entre la 51e et la 100e place).<sup>158</sup>

Dans le domaine de la recherche en IA, le Canada accueille certains des meilleurs chercheurs au monde, dont Geoffrey Hinton et Yoshua Bengio. Professeur à l'Université de Montréal, Yoshua Bengio a été l'un des colauréats du Prix Turing de 2018 pour ses travaux en apprentissage profond.<sup>159</sup> Il a fondé l'Institut des algorithmes d'apprentissage de Montréal (Mila), un institut de recherche dans le domaine de l'apprentissage machine qui est rapidement devenu l'un des plus importants centres de recherche en IA au monde.<sup>160</sup> Dans le but de devenir un chef de file mondial dans ce domaine, le Canada a été le premier pays au monde à élaborer, en 2017, une stratégie nationale en IA.<sup>161</sup> Financée par un investissement de 125 millions de dollars, cette stratégie vise à augmenter le nombre de chercheurs en IA au pays en soutenant la production et en attirant au Canada des chercheurs et des professionnels qualifiés.

<sup>157</sup> « Canada ranked 3rd best country in the world for education ». Daily Hive, 23 janvier 2019 : <https://dailyhive.com/vancouver/canada-ranked-best-country-education-2019>.

<sup>158</sup> « QS World University Rankings 2020: Computer Science & Information Systems » : <https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2020/computer-science-information-systems>.

<sup>159</sup> Jeremy Kahn. « Three 'Godfathers of Deep Learning' Selected for Turing Award ». Bloomberg, 27 mars 2019 : <https://www.bloomberg.com/news/articles/2019-03-27/three-godfathers-of-deep-learning-selected-for-turing-award>.

<sup>160</sup> « Massive new centre for AI research opens in Montreal ». Global News, 28 janvier 2019 : <https://globalnews.ca/news/4899040/massive-new-centre-for-ai-research-opens-in-montreal/>.

<sup>161</sup> « Canada first to adopt strategy for artificial intelligence ». UNESCO, 22 novembre 2018 : [http://www.unesco.org/new/en/media-services/single-view/news/canada\\_first\\_to\\_adopt\\_strategy\\_for\\_artificial\\_intelligence/](http://www.unesco.org/new/en/media-services/single-view/news/canada_first_to_adopt_strategy_for_artificial_intelligence/).

En ce qui concerne l'enseignement de l'IA, la majorité des personnes interrogées connaissaient bien l'Université de Toronto, l'Université de l'Alberta et l'Université McGill, qu'elles considéraient comme des établissements de premier plan formant des talents hautement spécialisés en IA. Les diplômés en IA de ces établissements sont extrêmement recherchés par les jeunes entreprises et les grandes sociétés d'IA, tant au Canada qu'à l'étranger. Selon l'Université de l'Alberta, ses diplômés sont actuellement employés dans des organisations de premier plan telles que DeepMind, IBM et Microsoft.

### ***Réseaux de soutien dynamiques : Gouvernement et industrie***

Bon nombre de réalisations récentes mettent en évidence l'engagement du Canada à l'égard des technologies, y compris en IA, comme moteur de croissance économique au pays. Faisant partie de l'Initiative des supergrappes d'innovation située à Montréal, la supergrappe Scale AI a reçu 250 millions de dollars du gouvernement pour renforcer la présence du Canada dans le domaine de l'IA, mettant l'accent sur l'intégration de la technologie dans les chaînes d'approvisionnement et le partage des connaissances entre les secteurs. La supergrappe Scale AI regroupe des entreprises privées, des établissements universitaires, des associations professionnelles, des partenaires gouvernementaux, des sociétés de capital-risque et des partenaires mondiaux.<sup>162</sup> Jusqu'à présent, la supergrappe Scale AI a financé 10 projets clés. Air Canada, Stream Systems, Plotly et AlayaCare figurent parmi les partenaires.<sup>163</sup>

Bien que la supergrappe Scale AI soit établie au Québec, les systèmes de soutien en IA comme les instituts de recherche, les fondations, les incubateurs d'entreprises et les sociétés de capital-risque sont répartis à la grandeur du Canada. Les trois principaux carrefours canadiens d'IA (Montréal, Toronto et Edmonton) comptent plus de 800 employés, étudiants et chercheurs. Ils incluent l'Institut Amii (120), l'Institut Mila (450) et l'Institut Vecteur (240). Chacun d'eux a reçu des investissements considérables pour financer la recherche et le développement en IA au Canada. Parmi les autres réalisations remarquables, mentionnons la création d'Element AI, une société de développement et d'experts-conseils récemment classée par CB Insights parmi les 100 premières entreprises d'IA au monde.

### ***Économie stable et niveau de vie élevé historiques***

Même si ces facteurs ne sont pas expressément liés aux investissements en IA, l'économie du Canada est stable et bien connectée, et le niveau de vie y est élevé. L'indice du développement humain de l'Organisation des Nations Unies classe le Canada au 13<sup>e</sup> rang mondial pour sa qualité de vie, un aspect de première importance pour les entreprises internationales qui envoient des employés à l'étranger lorsqu'elles ouvrent une entreprise ou prennent de l'expansion. Cinq villes canadiennes figurent parmi les 100 premières du classement Mercer 2019 sur la qualité de vie. L'indice du développement humain de l'Organisation des Nations

<sup>162</sup> « Devenir membre », Scale AI : <https://www.scaleai.ca/fr/a-propos/devenir-membre/>.

<sup>163</sup> « Investissements de 75 M\$ : Scale AI propulse 10 projets en IA », Scale AI, 14 janvier 2020 :

<https://scaleai.ca/wp-content/uploads/2017/11/ScaleAI-Annonce-invest-2020-01-Communiquee%CC%8C-v09finalplus-FR.pdf>.

Unies regroupe des indicateurs sur l'espérance de vie, la qualité de l'éducation et le PIB par habitant, alors que le classement Mercer sur la qualité de vie tient compte de variables telles que le climat, la facilité de communication, la stabilité politique et la mobilité.

En 2019, le Canada s'est classé au 10e rang mondial des plus importantes économies et au 7e rang quant au revenu médian brut par habitant. Selon les prévisions, l'activité économique mondiale devrait se situer à environ 0,4 %.<sup>164</sup> Bien que la pandémie de la COVID-19 ait des répercussions importantes sur toutes les économies, la gouvernance économique du Canada, depuis longtemps relativement conservatrice (par rapport à celle des États-Unis), pourrait s'avérer un avantage pour surmonter cette crise. Bien que la récession de 2008 et l'actuelle pandémie de la COVID-19 diffèrent à de nombreux égards, le Canada a été le premier pays du G7 à compenser les pertes subies lors de la récession de 2008.

## Faiblesses

### *Petit écosystème d'IA et manque de pionniers de l'industrie mondialement reconnus*

Bien que l'écosystème technologique canadien ait connu une croissance considérable au cours des dernières années,<sup>165</sup> le Canada reste un petit pays par rapport aux États-Unis, tant du point de vue de son empreinte économique globale que de la présence de grandes entreprises. En 2019, la plus grande entreprise technologique du Canada, CGI, a réalisé un chiffre d'affaires d'environ 20 milliards de dollars canadiens.<sup>166</sup> Au cours de cette même période, Apple, la plus grande entreprise technologique des États-Unis, a enregistré des recettes plus de 1 000 % supérieures,<sup>167</sup> et elle n'est que l'une des nombreuses grandes entreprises technologiques établies aux États-Unis, comme Amazon, Microsoft, IBM, Twitter et Salesforce. Le Canada s'est révélé beaucoup moins efficace à produire des licornes technologiques. Jusqu'à présent, le Canada n'a produit que deux licornes, tandis que les États-Unis en ont produit plus de 120.<sup>168</sup> Selon CB Insights, 8 entreprises canadiennes ont figuré en 2020 dans la liste des 100 meilleures jeunes entreprises d'IA dans le monde.

L'écosystème de jeunes entreprises du Canada est dynamique, mais les entreprises technologiques canadiennes ont de la difficulté à se développer. Dans le rapport de 2019 sur le classement des écosystèmes de jeunes entreprises, plusieurs villes canadiennes ont perdu des points : Toronto est passée du 11e au 15e rang, Vancouver a reculé de 6 places pour se retrouver au 24e rang, et Montréal a connu la plus forte baisse, passant du 34e au 49e rang du classement.<sup>169</sup> Par rapport à celles des États-Unis, les jeunes entreprises du Canada ont du mal à se développer : elles font face à d'importantes difficultés comme l'accès limité à des investissements industriels

<sup>164</sup> « Economic Research: The Escalating Coronavirus Shock is Pushing 2020 Global Growth Toward Zero », S&P Global Ratings, 30 mars 2020 : <https://www.spglobal.com/ratings/en/research/articles/200330-economic-research-the-escalating-coronavirus-shock-is-pushing-2020-global-growth-toward-zero-11413969>.

<sup>165</sup> OMERS Ventures. « Canadian Tech Ecosystem in the Past 20 Years. A Closer Look into Deloitte's Technology Fast 50 Program Trends », Medium, 19 décembre 2017 : <https://medium.com/omers-ventures/canadian-tech-ecosystem-in-the-past-20-years-268d008b07e8>.

<sup>166</sup> « CGI affiche de solides résultats pour le quatrième trimestre et pour l'ensemble de l'exercice financier 2019 », CGI : <https://www.cgi.com/fr/2019-11-06-CGI-affiche-de-solides-resultats-pour-le-quatrieme-trimestre-et-pour-lensemble-de-lexercice-financier-2019>.

<sup>167</sup> « Apple Revenue 2006-2019 », Macrotrends : <https://www.macrotrends.net/stocks/charts/AAPL/apple/revenue>.

<sup>168</sup> « The Global Unicorn Club », CB Insights, 2020 : <https://www.cbinsights.com/research-unicorn-companies>.

<sup>169</sup> Isabelle Kirkwood. « Canada's Tech Hubs Fall in Startup Ecosystem Rankings, Smaller Cities Show Promise », Betakit, 23 avril 2019 : <https://betakit.com/canadas-tech-hubs-fall-in-startup-ecosystem-rankings-smaller-cities-show-promise/>.



et le soutien fragmenté du gouvernement. Une étude récente de l'Impact Centre de l'Université de Toronto a révélé que les investisseurs canadiens s'intéressaient peu aux placements de capital-risque. Elle a permis de constater que les jeunes entreprises canadiennes recevaient généralement deux fois plus d'investissements étrangers en capital-risque que d'investissements canadiens. Les investissements canadiens de capital-risque avaient également tendance à être beaucoup moins élevés. Les entreprises (30 %) qui n'avaient pas reçu de fonds d'investisseurs canadiens avaient reçu près de trois fois plus d'argent que les entreprises qui avaient reçu des fonds provenant uniquement d'investisseurs canadiens.<sup>170</sup> Les investissements canadiens de capital-risque avaient également tendance à être beaucoup moins élevés. Par conséquent, la taille et la croissance d'écosystèmes comme ceux de Toronto, de Montréal et de Vancouver diffèrent considérablement des autres qui ne sont pas soutenus de façon aussi intensive.

### ***Défis liés à la conservation des talents***

Au Canada, les IED ont augmenté au fil des années à la suite de l'installation au pays de grandes sociétés internationales. Des géants technologiques mondiaux comme Google, Facebook, Amazon, Microsoft et Sony Imageworks, ainsi que des chefs de file technologiques de moindre envergure comme SurveyMonkey et Mailchimp, ont tous ouvert un siège social au Canada. Les IED contribuent considérablement à la croissance du secteur technologique canadien et sont sans aucun doute responsables de la création d'un nombre important d'emplois, de l'apport de plusieurs innovations, et de la réalisation de nouveaux investissements. Toutefois, la présence au Canada de grandes entreprises américaines et la proximité d'importants carrefours technologiques américains comme Seattle et la Silicon Valley posent certains problèmes.

Les grandes entreprises en mesure d'offrir des salaires bien supérieurs aux taux du marché local ont l'avantage d'attirer les meilleurs talents canadiens dans le domaine de l'IA. Ce problème a été souligné dans le cadre de la présente étude par des chefs de file de l'industrie, provenant tant de grandes multinationales ayant des bureaux dans plusieurs pays que de petites entreprises exerçant des activités au Canada. Le défi qu'est l'exode des cerveaux est double en raison de la difficulté de conserver les talents en raison de la présence au Canada de géants technologiques mondiaux et de la proximité de carrefours technologiques mondiaux comme la Silicon Valley, qui attire elle aussi les talents canadiens.

Bien que le Canada réussisse relativement bien à attirer des talents étrangers, la conservation de ses propres talents est souvent problématique en raison notamment de la petite taille de son écosystème et de la concurrence salariale. Une étude récente de l'École Munk des affaires internationales a révélé qu'environ 25 % des diplômés dans les domaines des STIM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques) ayant étudié notamment à l'Université de Waterloo, à l'Université de Toronto et à l'Université de la Colombie-Britannique travaillaient à l'extérieur du Canada en 2018. En ce qui concerne les diplômés en informatique, cette proportion était encore plus élevée puisque deux diplômés sur trois travaillaient à l'étranger (surtout aux États-Unis).<sup>171</sup>

<sup>170</sup> Pragya Sehgal. « Canadian venture capital sufficiency study: Key takeaways ». *IT World Canada*, 15 octobre 2019 : <https://www.itworldcanada.com/article/canadian-venture-capital-sufficiency-study-key-takeaways/422700>.

<sup>171</sup> Zachary Spicer, et autres. « Reversing the Brain Drain: Where is Canadian STEM Talent Going? ». *Brock University*, et autres : <https://brocku.ca/social-sciences/political-science/wp-content/uploads/sites/153/Reversing-the-Brain-Drain.pdf>.

## ***Ambiguïté de la réglementation sur l'intelligence artificielle***

Même si le Canada avait élaboré des stratégies préliminaires en vue d'une réglementation ou d'une politique sur l'IA, bon nombre des personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont souligné que la réglementation proprement dite concernant la collecte de données et l'utilisation de l'IA au Canada se fait attendre, que les normes en vigueur sont ambiguës, et que la réglementation est difficile à comprendre. Selon de nombreuses personnes interrogées, ce manque de clarté pourrait à la longue représenter des difficultés considérables en matière d'investissements. En l'absence de normes et de protocoles clairs, les investisseurs potentiels dans le domaine de l'IA n'ont pas une idée précise de la façon dont leur entreprise pourrait fonctionner au pays.

Plusieurs des personnes interrogées ont salué l'approche davantage prudente du Canada à l'égard du développement et du déploiement de l'IA, comparativement aux États-Unis. Au Canada, il n'est pas rare que des établissements universitaires comme l'Institut Vecteur ou l'Institut Mila travaillent en étroite collaboration avec l'industrie, les investisseurs en capital-risque et le gouvernement,<sup>172</sup> ce qui, d'une certaine manière, aide le Canada à créer une stratégie globale meilleure et plus cohérente en matière d'IA. Dans l'ensemble, ce type de collaboration était perçu comme un élément très positif. Par contre, le Canada a perdu des points pour ses lignes directrices et sa réglementation concernant l'utilisation de l'IA.

Au cours de la dernière année, plusieurs propositions de réglementation ont été formulées par des grands carrefours d'IA du monde entier. Comme il fallait s'y attendre, la réglementation américaine sur l'IA manquait de substance, les États-Unis ayant adopté une approche passive<sup>173</sup> pour réduire au minimum l'ingérence du gouvernement. Quant à l'Union européenne, chef de file mondial incontesté en matière de réglementation sur la protection des données et de l'intelligence artificielle, son Règlement général sur la protection des données renferme déjà des mesures juridiques claires sur des sujets comme l'IA. Le très attendu livre blanc publié récemment par la Commission européenne<sup>174</sup> a amélioré encore davantage cette base de référence. Il y a une leçon à tirer de ce livre blanc : l'Union européenne s'engage à adopter une réglementation plus stricte concernant les technologies qui présentent fondamentalement des risques pour les droits de la personne, notamment la reconnaissance faciale, un sujet épineux pour de nombreux États membres de l'Union européenne, y compris l'Allemagne et la France, qui prévoient déjà déployer cette technologie dans des lieux publics comme les gares ferroviaires et les aéroports.<sup>175</sup> Cette approche a été qualifiée par certains d'« approche à double face ».<sup>176</sup> Quoi qu'il en soit, l'Union européenne vise à déployer l'IA, mais uniquement dans la mesure où elle ne cause pas de tort aux citoyens européens.

<sup>172</sup> Tom Davenport. « Learning From the Canadian AI Model ». *Forbes*, 19 novembre 2019 :

<https://www.forbes.com/sites/tomdavenport/2019/11/19/learning-from-the-canadian-model-of-ai/#69a957f82300>.

<sup>173</sup> James Vincent. « White House encourages hands-off approach to AI regulation ». *The Verge*, 7 janvier 2019 :

<https://www.theverge.com/2020/1/7/21054653/america-us-ai-regulation-principles-federal-agencies-ostp-principles>.

<sup>174</sup> « Livre blanc – Intelligence artificielle – Une approche européenne axée sur l'excellence et la confiance ». Commission européenne, 19 février 2020 :

[https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020\\_fr.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_fr.pdf).

<sup>175</sup> Samuel Stolton. « EU police plan massive facial recognition database ». *EurActiv*, 23 février 2020 :

<https://www.euractiv.com/section/digital/news/eu-police-plan-massive-facial-recognition-database/>.

<sup>176</sup> Silvia Amaro. « EU launches plan to regulate AI, taking aim at Silicon Valley giants ». *CNBC*, 19 février 2020 :

<https://www.cnbc.com/2020/02/19/eu-launches-plan-to-regulate-ai-aimed-at-silicon-valley-giants.html>.



Plusieurs supposent que le Canada finira par se positionner quelque part entre les États-Unis et l'Union européenne, mais les progrès sur ce plan sont lents et relativement négligeables jusqu'à présent. Or, ce manque d'action ou de clarté pourrait devenir problématique. Faisant écho aux personnes interrogées dans le cadre de la présente étude, d'autres experts de l'industrie comme Mahdi Amri, directeur de l'IA chez Deloitte, soulignent que l'absence de cadre juridique peut miner la confiance et la responsabilisation<sup>177</sup>, ce qui pourrait avoir une incidence négative sur le déploiement de l'IA au Canada.

## Possibilités

### *Croissance des carrefours de recherche en intelligence artificielle*

Le Canada, où sont établis des experts reconnus comme Yoshua Bengio et Geoffrey Hinton, est en train de devenir un carrefour mondial réputé et respecté pour sa recherche en IA. Depuis le début des années 1980, l'Institut canadien de recherches avancées (CIFAR) aide les chercheurs à explorer de nombreux domaines de l'IA, dont l'apprentissage machine, les réseaux neuronaux, l'apprentissage profond et l'apprentissage par renforcement.<sup>178</sup>

En 2017, le CIFAR a donné le coup d'envoi à sa Stratégie pancanadienne en matière d'IA, dotée d'un budget de 125 millions de dollars. Cette stratégie, une première mondiale, a pour but d'accroître la présence de chercheurs en IA au Canada, de créer des centres d'excellence en IA dans différentes régions du pays, et de développer un leadership canadien visionnaire à l'échelle mondiale sur les répercussions économiques, éthiques, politiques et juridiques de l'IA.<sup>179</sup> Au fil des ans, le nombre de chaires en IA Canada-CIFAR a constamment augmenté, atteignant quelque 80 chaires à Toronto, à Montréal et à Edmonton. Ces chaires mènent des recherches dans divers domaines d'intérêt, notamment les soins de santé et les véhicules autonomes.<sup>180</sup> Parmi les autres réalisations du CIFAR, mentionnons la création d'Amii, de l'Institut Mila et de l'Institut Vecteur, le lancement du programme « IA et société », qui se penche sur des sujets critiques comme le rôle de l'IA en soins de santé, les changements climatiques et leurs répercussions sur les populations vulnérables,<sup>181</sup> et le lancement du laboratoire AI4Good, un programme de formation de deux mois portant sur des applications d'IA en tant que force du bien commun.

### *Attrait croissant pour les chercheurs universitaires et les travailleurs formés à l'étranger*

Deux experts de renommée mondiale en IA, Yoshua Bengio et Geoffrey Hinton, ont fait du Canada leur pays de résidence. Fort des percées majeures réalisées en recherche sur l'IA et doté d'un système d'immigration accueillant et bien organisé, le Canada a le potentiel d'attirer des chercheurs et des talents formés à l'étranger dans le domaine de l'IA.

<sup>177</sup> Chris Reynolds. « Canada lacks laws to tackle problems posed by artificial intelligence: Experts ». *Global News*, 19 mai 2019 : <https://globalnews.ca/news/5293400/canada-ai-laws/>.

<sup>178</sup> Ryan McLaughlin, et autres. *L'ère de demain : La main-d'œuvre amplifiée par l'intelligence artificielle du Canada*. CTIC, décembre 2019 : <http://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2020/02/canadas-ai-workforce-FINAL-FRENCH-2.24.20.pdf>.

<sup>179</sup> « Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle ». CIFARL <https://www.cifar.ca/fr/ia/strategie-pancanadienne-en-matiere-dintelligence-artificielle>.

<sup>180</sup> « Les chaires en IA Canada-CIFAR ». CIFAR : <https://www.cifar.ca/fr/ia/strategie-pancanadienne-en-matiere-dintelligence-artificielle/les-chaire-en-ia-canada-cifar>.

<sup>181</sup> « IA et société ». CIFAR : <https://www.cifar.ca/fr/ia/intelligence-artificielle-et-societe>.

Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont mentionné que cet attrait pour les talents qualifiés étrangers était un atout capital, et ce, pour deux raisons : d'abord, le fait que le Canada réussisse avec une facilité relative à attirer des talents qualifiés rassure les investisseurs quant à sa capacité de constituer la main-d'œuvre qualifiée dont ils ont besoin pour soutenir la croissance de leurs activités dans un nouveau lieu d'implantation, et ensuite, l'accès à des talents qualifiés étrangers est également essentiel à un écosystème local dynamique et en pleine croissance.

Le fait que les compétences des immigrants soient une priorité pour le système d'immigration canadien joue lui aussi un rôle déterminant dans l'attrait que le Canada exerce sur les travailleurs formés à l'étranger dans un domaine très recherché. Depuis quelques années, le nombre de talents étrangers accueillis au Canada a augmenté, dépassant celui des États-Unis. Lorsque les États-Unis ont commencé à restreindre l'immigration au début de 2017, le Canada, lui, lançait un programme novateur visant à attirer des travailleurs étrangers qualifiés. Il y a environ trois ans, la Stratégie en matière de compétences mondiales a été lancée, conduisant à la création du Volet des talents mondiaux, un processus qui permet d'accélérer le traitement des visas, en aussi peu que deux semaines,<sup>182</sup> des travailleurs qualifiés correspondant à certains profils (notamment dans le domaine de l'informatique). Grâce au succès retentissant du programme, plus de 24 000 travailleurs hautement spécialisés ont intégré la main-d'œuvre canadienne depuis son lancement.

<sup>182</sup> « Global Skills Strategy launched 2 years ago, results in hiring 24,000 foreign workers ». *CanadIM*, 19 juin 2019 : <https://www.canadim.com/blog/global-skills-strategy-hires-24000-foreign-workers/>.

### ***Croissance des programmes éducatifs novateurs***

Le Canada offre un nombre croissant de programmes d'éducation riches et reconnus dans différents domaines de l'IA, comme l'IA, l'apprentissage machine et les neurosciences cognitives. Offerts au baccalauréat, à la maîtrise et au doctorat, ces programmes évoluent constamment.

Le tableau 3 présente des exemples de programmes éducatifs en IA reconnus et offerts actuellement au Canada.

**Tableau 3. Exemples de programmes d'IA au Canada.**

<b>ÉTABLISSEMENT</b>	<b>NIVEAU</b>	<b>PROGRAMME</b>
<b>Université de Toronto</b>	Baccalauréat	Informatique – Intelligence artificielle
<b>Université de Colombie-Britannique</b>	Baccalauréat	Systèmes cognitifs
<b>Université of Windsor</b>	Baccalauréat en informatique	Intelligence artificielle
<b>Université Dalhousie</b>	Baccalauréat en informatique	Intelligence artificielle et systèmes intelligents
<b>Université Simon Fraser</b>	Maîtrise	Informatique – Intelligence artificielle
<b>Université de Guelph</b>	Maîtrise	Intelligence artificielle
<b>Université de l'Alberta</b>	Maîtrise	Comportements, systèmes et neurosciences cognitives
<b>Université de l'Alberta</b>	Maîtrise	Intelligence artificielle
<b>Université de Waterloo</b>	Doctorat	Intelligence artificielle
<b>Université de l'Alberta</b>	Doctorat	Comportements, systèmes et neurosciences cognitives
<b>Université du Manitoba</b>	Doctorat	Intelligence artificielle
<b>Université Lakehead</b>	Maîtrise	Informatique – Intelligence artificielle
<b>Université Ontario Tech</b>	Maîtrise en sécurité des TI	Sécurité de l'intelligence artificielle
<b>Université d'Ottawa</b>	Maîtrise en informatique	Intelligence artificielle appliquée
<b>Université de Waterloo</b>	Maîtrise en sciences des données et intelligence artificielle	Sciences des données et intelligence artificielle
<b>Université de Montreal</b>	Maîtrise en informatique	Intelligence artificielle
<b>Université Laval</b>	Maîtrise en informatique	Intelligence artificielle
<b>Université McGill</b>	Maîtrise	Informatique – Intelligence artificielle

### ***Possibilités de leadership en matière d'intelligence artificielle éthique***

Bien qu'il reste encore beaucoup de travail à faire, le Canada a le potentiel d'exceller et de faire preuve d'un leadership mondial dans le domaine de l'IA éthique. Plusieurs des personnes interrogées dans le cadre de la présente étude étaient d'avis que l'approche du Canada à l'égard de l'IA était plus mesurée que celle des États-Unis. Parallèlement, une enquête mondiale menée auprès de plus de 300 chefs d'entreprise a révélé que les réalisations du CIFAR font du Canada un chef de file mondial en matière d'IA éthique,<sup>183</sup> en dépit de la lenteur observée en matière de réglementation.

Les pressions exercées pour devenir chef de file dans ce domaine ne proviennent pas que du CIFAR. Récemment, le Secrétariat du Conseil du Trésor a mis au point ses lignes directrices sur l'utilisation judicieuse de l'IA au sein du gouvernement. Tenant

<sup>183</sup> « Organizations Are Gearing Up for More Ethical and Responsible Use of Artificial Intelligence, Finds Study ». Accenture, 25 septembre 2018 : <https://www.accenture.com/ca-en/company-news-release-artificial-intelligence-finds-study>.

pour acquis que le gouvernement et les services aux citoyens sont susceptibles de devenir « intelligents » ou connectés à mesure que s'accéléra la croissance de la technologie, il est essentiel de mettre en place des lignes directrices claires concernant ce qui est ou n'est pas approprié. Dans l'ensemble, les lignes directrices précisent que le gouvernement, dans son utilisation de l'IA, doit comprendre et mesurer l'utilisation de l'IA, faire preuve de transparence, fournir des explications claires et être le plus ouvert possible.<sup>184</sup> Les lignes directrices recommandent également d'offrir une formation aux employés du gouvernement qui conçoivent et utilisent des solutions liées à l'IA.<sup>185</sup> Parmi d'autres exemples possibles, mentionnons la Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle, qui met l'accent sur la création d'un cadre éthique pour l'utilisation de l'IA au Canada,<sup>186</sup> et la récente décision de Waterfront Toronto de demander à Element AI de se pencher sur les répercussions relatives aux droits de la personne du projet Sidewalk Labs (lorsque le projet était encore en cours).<sup>187</sup>

## Menaces

### *Endettement élevé des ménages*

Selon le gouverneur de la Banque du Canada, les niveaux d'endettement des ménages représentent la plus grande vulnérabilité de l'économie canadienne.<sup>188</sup> Ces niveaux élevés d'endettement s'expliquent en partie par l'augmentation spectaculaire des prix des maisons observée dans plusieurs régions du pays ces dernières années. La récession de 2008 qui a décimé le marché immobilier américain a eu peu d'effet au Canada. De 2008 à 2009, les prix des maisons ont baissé au Canada de seulement 7 % avant de recommencer à augmenter. Depuis 2009, les prix réels des maisons ont augmenté jusqu'à présent de 54 %. Au Canada, les prix des maisons n'ont presque pas baissé à la suite de la crise financière mondiale, après quoi ils ont recommencé à augmenter rapidement. En fait, depuis 2005, les prix indexés des maisons ont augmenté plus rapidement au Canada que dans tout autre pays développé, ayant presque doublé en moins de 15 ans.

Les personnes interrogées dans le cadre de la présente étude ont fait observer que le coût de la vie était élevé dans la plupart des grandes villes canadiennes où sont concentrés les emplois en technologie, comme Toronto et Vancouver. Comme l'a déclaré une des personnes interrogées qui travaille à Vancouver dans le secteur des sciences de la vie :

*Le coût très élevé de la vie à Vancouver est un obstacle à l'expansion de notre entreprise et à l'embauche de talents américains. Ces derniers comparent ce que nous leur offrons à ce qu'ils peuvent gagner à Palo Alto et décident de rester dans leur pays. Nous n'embauchons presque pas de talents américains. C'est difficile étant donné l'économie.*

<sup>184</sup> « Utilisation responsable de l'intelligence artificielle (IA) ». Gouvernement du Canada : <https://www.canada.ca/fr/gouvernement/systeme/gouvernement-numerique/technologiques-modernes-nouveaux/utilisation-responsable-ai.html>.

<sup>185</sup> Ibidem.

<sup>186</sup> « La déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle » : <https://www.declarationmontreal-ia-responsable.com/>.

<sup>187</sup> James McLeod. « Element AI tapped to study human rights implications of Sidewalk Labs plan ». *Financial Post*, 16 janvier 2020 : <https://business.financialpost.com/technology/element-ai-tapped-to-study-human-rights-implications-of-sidewalk-labs-plan>.

<sup>188</sup> Erik Hertzberg. « Canadians' mountain of household debt rising again ». *Financial Post*, 13 décembre 2019 : <https://business.financialpost.com/personal-finance/debt/canada-q3-household-debt-to-income-ratio-rises>.