

# Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle

Comité d'orientation  
de la grappe  
en intelligence artificielle

Un mandat de

Économie, Science  
et Innovation  
Québec 

Mai 2018

# Rôle de l'Université de Montréal

En mars 2017, le gouvernement du Québec a confié à l'Université de Montréal la responsabilité de mettre sur pied un comité d'orientation chargé d'élaborer la stratégie de développement de la grappe scientifique et industrielle en intelligence artificielle au Québec. Le comité devait soumettre ses recommandations sur le développement des ressources de la grappe, notamment l'attraction d'experts d'envergure internationale, la disponibilité des ressources informatiques, les conditions favorables aux collaborations industrielles et à l'essaimage d'entreprises, de même que la formation et le développement des ressources humaines. En plus d'élaborer un plan stratégique de développement, le comité devait assurer la concertation avec les instances pertinentes du gouvernement fédéral, l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et le Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada, de même que de favoriser les investissements futurs, privés et publics.

L'Université de Montréal a aussi été mandatée pour mettre sur pied un institut québécois en intelligence artificielle, un organisme à but non lucratif distinct. L'institut devait être en mesure de réunir les partenariats requis pour assurer le financement de ses activités, tout en se penchant sur les enjeux associés aux transformations économiques et sociales découlant de la révolution numérique associée à l'intelligence artificielle.



# Message des coprésidents

Le de la grappe en intelligence artificielle (ci-après, le Comité d'orientation) a été formé en mai 2017, avec pour mandat de positionner le Québec comme acteur de premier plan en intelligence artificielle, que ce soit dans la recherche et l'innovation, la création d'entreprises ou encore le déploiement d'applications dans son tissu industriel. Un an plus tard et à la suite d'une série d'événements structurants, le Comité et ses 12 membres présentent le fruit de leurs réflexions, recherches et analyses dans la présente *Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*.

Au cours des dernières années, le Québec a connu une effervescence historique en ce qui concerne l'intelligence artificielle, notamment grâce à l'excellence en recherche académique dans ce domaine qui a entraîné l'arrivée de géants de la technologie, la prolifération de *startups* québécoises et la mise sur pied d'instituts de recherche de renom. Le Québec peut aujourd'hui s'appuyer sur ses forces pour propulser le développement et l'essor d'un écosystème riche et stimulant en intelligence artificielle, envié mondialement par ses pairs. Cette stratégie ne prétend pas résoudre l'ensemble des difficultés – présentes et à venir – auxquelles les acteurs de l'écosystème devront faire face, mais nous sommes convaincus qu'elle aidera le gouvernement à façonner un futur prospère pour le Québec en intelligence artificielle.

Au cœur de cette stratégie se trouvent douze recommandations regroupées en cinq orientations stratégiques : assurer l'essor et la pérennité du pôle de recherche académique en intelligence artificielle (IA) au Québec, développer les talents en sciences numériques pour répondre aux besoins du Québec, accélérer l'adoption et le développement de solutions d'IA par l'ensemble du tissu économique québécois, développer au Québec un pôle d'expertise international en IA responsable et enfin, appuyer le développement des structures de soutien à l'écosystème.

Nous exprimons nos plus sincères remerciements aux membres et aux observateurs du Comité d'orientation pour leur dévouement, et remercions également tous les conseillers, les collaborateurs et les experts que nous avons consultés et qui ont généreusement accepté de s'engager dans cet exercice. Le Comité d'orientation et ses membres se tournent maintenant vers la mise en œuvre des recommandations, car ils ont l'assurance que ces dernières permettront au Québec de se hisser au rang de leader mondial en intelligence artificielle.

Nous soulignons la vision structurante du gouvernement qui a choisi judicieusement ce secteur d'avenir et sommes certains qu'avec son soutien ciblé et continu, le meilleur arrivera, au bénéfice du plus grand nombre.



Pierre Boivin



Guy Breton

Mai 2018

## Table des matières

|                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Introduction .....                                                                                                                                                                                                                              | 5  |
| Recommandations .....                                                                                                                                                                                                                           | 22 |
| ➤ > Recommandation n° 1 : Augmenter notre capacité d’attirer des chercheurs dans des secteurs où le Québec a le potentiel de devenir un leader mondial .....                                                                                    | 25 |
| ➤ > Recommandation n° 2 : Assurer l’afflux – en quantité et en qualité – d’étudiants locaux et étrangers aux cycles supérieurs en IA et dans les domaines connexes .....                                                                        | 31 |
| ➤ > Recommandation n° 3 : Dresser et maintenir un portrait clair et exhaustif pour l’ensemble des acteurs sur les besoins, les manques et les possibilités en termes de compétences en sciences numériques, grâce à une « veille talent » ..... | 36 |
| ➤ > Recommandation n° 4 : Soutenir les établissements d’enseignement dans l’actualisation de leur offre de formation .....                                                                                                                      | 40 |
| ➤ > Recommandation n° 5 : Promouvoir la littératie mathématique et la démocratisation des sciences .....                                                                                                                                        | 41 |
| ➤ > Recommandation n° 6 : Soutenir les entreprises québécoises conceptrices de solutions d’IA, notamment les <i>startups</i> , pour qu’elles se développent, croissent et demeurent au Québec .....                                             | 45 |
| ➤ > Recommandation n° 7 : Assurer un soutien adéquat aux futurs utilisateurs de l’IA du secteur privé .....                                                                                                                                     | 54 |
| ➤ > Recommandation n° 8 : Positionner le gouvernement et les sociétés d’État comme bénéficiaires des technologies de l’IA, en devenant des utilisateurs exemplaires .....                                                                       | 60 |
| ➤ > Recommandation n° 9 : Assurer une pérennité aux efforts en cours pour la mobilisation autour de l’IA responsable et se préparer à intégrer les consensus émergents dans les politiques publiques québécoises .....                          | 64 |
| ➤ > Recommandation n° 10 : Assurer l’accès des acteurs de l’IA et de la science des données à la puissance de calcul et à l’expertise en calcul dont ils ont besoin .....                                                                       | 71 |
| ➤ > Recommandation n° 11 : Mandater une permanence « IA.Québec » dotée d’un secrétariat pour jouer un rôle de vigie et faciliter la coordination des acteurs de l’écosystème québécois en IA .....                                              | 73 |
| ➤ > Recommandation n° 12 : Faciliter l’accès à l’information sur les ressources disponibles pour les acteurs de l’écosystème en IA et favoriser leur mise en relation par l’entremise d’une vitrine commune .....                               | 76 |
| Conclusion .....                                                                                                                                                                                                                                | 77 |
| Annexes .....                                                                                                                                                                                                                                   | 83 |

# Introduction

# Avant-propos

## 1. Mandat du Comité d'orientation

Le Canada et plus particulièrement le Québec sont la scène, depuis quelques années, d'une effervescence jamais vue dans le secteur de l'intelligence artificielle (IA). Comme le montre la figure 1, des géants de la technologie comme Google et Facebook ont ainsi ouvert des laboratoires en IA à Montréal, des *startups* comme Element.AI ont amassé des sommes impressionnantes en financement privé et des instituts de recherche se sont constitués autour des forces historiques du Québec.

L'effervescence généralisée que l'on connaît actuellement prend racine dans le milieu universitaire, où le Québec se distingue sur la scène mondiale. Elle tient en partie au soutien que l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) a apporté en 2004 à la création, par Yoshua Bengio, du Programme sur l'apprentissage automatique <sup>1</sup>. L'octroi, à l'automne 2016, d'une subvention fédérale Apogée de 93,6 millions de dollars à l'Institut de valorisation des données (IVADO) – un regroupement de 1 000 scientifiques en science des données, en recherche opérationnelle et en intelligence artificielle – constitue une autre preuve de l'excellence des travaux québécois en IA.

### Le milieu universitaire québécois vu de la France

Le récent rapport de Cédric Villani au gouvernement français rapporte qu'aujourd'hui, le Québec « présente avec la ville de Montréal la plus grande concentration de chercheurs en IA – 250 chercheurs au stade du doctorat à McGill et l'Université de Montréal, qui profitent aussi d'un important bassin d'étudiants en IA (environ 9000), répartis entre des programmes d'informatique (6194), d'informatique et génie informatique (1149), de mathématiques (1360), de mathématiques appliquées (113) et de probabilités et statistiques (141) <sup>2</sup> ».

En mars 2017, le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation (MESI) a décidé de soutenir l'accélération et l'optimisation du développement de l'écosystème québécois en IA au moyen d'un financement totalisant 100 millions de dollars sur une période de cinq ans. Du même souffle, il a donné à l'Université de Montréal le mandat de former un comité d'orientation pour identifier les mesures à prendre pour renforcer, grâce à cet investissement majeur, l'avantage concurrentiel que le Québec a réussi à acquérir en IA grâce au secteur universitaire.

Le Comité d'orientation de la grappe en intelligence artificielle s'est vu confier quatre missions par le MESI :

1. Assurer le démarrage de l'Institut québécois en intelligence artificielle;

<sup>1</sup> L'ICRA a aussi donné son impulsion à la recherche canadienne et mondiale dans le secteur de l'IA en soutenant, dès les années 1980, les travaux de Geoffrey E. Hinton, professeur de sciences informatiques à l'Université de Toronto.

<sup>2</sup> Voir <https://www.tresor.economie.gouv.fr/Articles/28619068-9771-411c-9a43-20fdaeb0adc8/files/5a885cf0-0af1-4243-be03-8857b5319fae>, page Web consultée le 30 avril 2018 (à l'instar de toutes les pages référencées dans ce document).

2. Élaborer un plan stratégique pour le développement de la « grappe » en intelligence artificielle à l'horizon 2018-2022;
3. Étudier l'impact de l'IA sur les plans éthique, économique et social;
4. Exercer un rôle de leadership dans la définition d'une stratégie pancanadienne en IA.

L'ambition tenace du gouvernement du Québec de faire de l'IA un réel moteur de l'économie québécoise a été saluée, en septembre 2017, par le Conseil consultatif sur l'économie et l'innovation (CCEI). Dans son rapport, ce dernier a exhorté le gouvernement et les acteurs de l'écosystème à aller encore plus loin afin de « créer au Québec le plus important écosystème d'intelligence artificielle en Amérique du Nord et développer une force de travail en ce domaine pour enraciner ce créneau et hisser le Québec au rang des principaux concepteurs, utilisateurs et exportateurs de solutions d'intelligence artificielle<sup>3</sup> ».

---

<sup>3</sup> Voir <http://www.ccei.quebec/fr/rapport-integrateur>.

Figure 1 – Chronologie des événements structurants de l'écosystème québécois en intelligence artificielle





## Un écosystème plus qu'une grappe...

Le terme « grappe » a souvent été utilisé afin de décrire l'écosystème en intelligence artificielle qui se développe au Québec. Afin d'éviter toute confusion avec les grappes industrielles – qui sont associées à des secteurs précis (p. ex., Aéro Montréal dans le secteur de l'aérospatiale) –, on recommande plutôt l'utilisation du terme « écosystème en IA ». En effet, parce que l'IA est transversale, elle sera utilisée dans l'ensemble des secteurs industriels. Ainsi, on préconise une étroite collaboration entre les grappes industrielles québécoises existantes et l'écosystème en IA.

## 2. Réalisations de la dernière année

**Le présent rapport constitue évidemment la réponse du Comité d'orientation à la deuxième des quatre demandes que lui a adressées le MESI au printemps 2017.**

Avant de présenter la stratégie de développement de l'écosystème québécois en IA, il convient de faire état de la manière dont le Comité d'orientation a abordé les trois autres mandats que le MESI lui a confiés.

Dans un premier temps, le Comité d'orientation devait assurer le **démarrage de l'Institut québécois en intelligence artificielle**. La création de cette entité a franchi plusieurs étapes. En juillet 2017, le MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle a été mis sur pied sous la forme d'un organisme sans but lucratif (OBNL). Cet institut est le fruit d'une collaboration entre l'Université de Montréal et l'Université McGill. Il entretient des liens étroits avec Polytechnique Montréal et HEC Montréal. Les travaux visant à donner à cet institut une gouvernance appropriée sont en cours et la formation de son conseil d'administration devrait être complétée sous peu. Bien qu'il soit maintenant un OBNL, le MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle entend respecter ses engagements envers IVADO et les Fonds d'excellence en recherche Apogée Canada.

La mission de cet organisme va au-delà de ses fonctions universitaires et englobe les éléments suivants :

- a. **Formation** – En lien avec les universités et les établissements d'enseignement associés, former, attirer et retenir les talents dans le domaine de l'apprentissage automatique.
- b. **Recherche académique** – En lien avec les universités et les établissements d'enseignement associés, contribuer à la recherche fondamentale en s'appuyant sur ses forces en apprentissage profond et en apprentissage par renforcement.
- c. **Transfert technologique** – Contribuer au développement économique du Québec par le biais du transfert technologique et de l'innovation en entreprise.
- d. **Dialogue social** – Favoriser l'utilisation responsable de l'intelligence artificielle et le dialogue social sur les enjeux qui y sont associés.

Le MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle sera également l'un des principaux éléments attractifs au sein d'un nouveau pôle d'innovation qui s'établira dans un quartier en émergence de Montréal. Son espace physique, le complexe appelé « O Mile-Ex » – situé au 6650-6666, rue Saint-Urbain –, hébergera des chercheurs de divers milieux, IVADO, des laboratoires d'entreprise, des entreprises en démarrage et des investisseurs en capital de risque; il permettra le regroupement, dans un même endroit, des différentes parties prenantes, une étape essentielle à la création d'un réel écosystème

d'innovation sur le terrain. Cette proximité des différents acteurs créera un environnement propice à la collaboration, à l'innovation et au transfert technologique. Déjà, de nombreux acteurs de l'écosystème en IA ont confirmé leur présence dans le quartier – voire dans le complexe – ou leur intérêt à s'y loger, parmi lesquels Element AI, Quantum Black, Thales et l'institut de recherche Borealis AI de RBC.

Le Comité d'orientation devait de plus entreprendre **l'étude de l'impact de l'IA sur les plans éthique, économique et social**. Notons, à ce chapitre, que le Québec s'est déjà positionné comme un acteur actif de la réflexion sur la conception et sur l'utilisation de l'intelligence artificielle responsable. Le processus de co-construction de la *Déclaration de Montréal sur le développement socialement responsable de l'intelligence artificielle* a été lancé le 3 novembre 2017 au Palais des Congrès de Montréal lors du Forum IA Responsable. Ce processus vise à susciter un débat public et à proposer une orientation progressiste et inclusive du développement de l'intelligence artificielle. La première étape de la consultation citoyenne qui mènera, en décembre 2018, à la communication de la *Déclaration* a essentiellement pris fin en avril.

Le Comité d'orientation devait enfin **exercer un rôle de leadership dans la définition d'une stratégie pancanadienne en intelligence artificielle**. Le Comité d'orientation s'est acquitté de cette tâche en soutenant la création du Canadian AI Consortium (CAIC), qui regroupe le MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle, l'institut ontarien Vector et l'institut albertain AMII. La mission de ce consortium est d'échanger sur les meilleures pratiques en IA, d'assurer une synergie entre les trois organismes et de formuler des demandes communes au gouvernement fédéral, comme celles qui sont liées aux infrastructures de calcul canadiennes. Les membres du consortium pourront à l'avenir faire front commun, afin d'établir le Canada comme leader international en IA face à des concurrents disposant de moyens financiers plus considérables. L'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) a également promu l'effort stratégique pancanadien en intelligence artificielle en accordant une subvention de 125 millions de dollars à ces trois instituts, dont 44 millions au MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle.

On peut enfin souligner, parmi les réalisations de la dernière année, la création de la supergrappe SCALE.AI grâce à des fonds fédéraux et québécois. Ce consortium, dont le fonctionnement reposera sur la collaboration avec deux leaders académiques (IVADO au Québec et l'Université de Waterloo en Ontario) et des organisations qui travailleront de près avec les *startups* québécoises en IA (comme le Creative Destruction Lab et NextAI), permettra de façonner « une nouvelle plateforme mondiale de chaînes d'approvisionnement, renforcera le leadership du Canada en intelligence artificielle (IA) et accélérera l'adoption par l'industrie de technologies habilitantes grâce à des projets collaboratifs et progressifs<sup>4</sup> ».

## L'annonce de la supergrappe SCALE.AI

En mai 2017, le gouvernement fédéral a lancé un concours national de supergrappes d'innovation dirigées par des entreprises. La supergrappe SCALE.AI (Supply Chains And Logistics Excellence.AI), qui regroupe deux leaders, IVADO et l'Université de Waterloo, a été sélectionnée.

Le gouvernement fédéral allouera 234 M\$ à cette supergrappe et le gouvernement québécois a annoncé un soutien de 60 M\$ dans son budget 2018-2019. Compte tenu des engagements des entreprises participantes – qui se chiffrent aux alentours de 700 M\$ –, ce projet structurant représente près d'un milliard de dollars en investissements.

<sup>4</sup> Voir <https://aisupplychain.ca/fr/>.

# Résumé du rapport



# Tour d'horizon

L'intelligence artificielle (IA) est appelée à transformer l'économie québécoise de façon radicale au cours des prochaines années. Les applications d'intelligence artificielle, comme la reconnaissance vocale et le traitement des images, sont déjà répandues dans l'industrie des services et continuent de s'étendre. L'industrie manufacturière, pour sa part, est à la veille d'une transformation en profondeur dont l'IA sera l'un des principaux moteurs ; en effet, de la maintenance prédictive à l'optimisation du rendement des procédés chimiques en temps réel, les applications d'IA amèneront nos industries, graduellement mais inéluctablement, à faire plus avec moins.

Le Conseil consultatif sur l'économie et l'innovation (CCEI) a d'ailleurs identifié le développement de l'IA comme l'une des 12 priorités pour le Québec dans son rapport publié en 2017, citant « l'avantage scientifique » du Québec et son extraordinaire potentiel de mise en œuvre des solutions d'IA. Cet avantage comparatif, mentionné et expliqué dans de nombreux rapports, repose sur trois principaux piliers : la recherche fondamentale en IA, la valorisation des données massives et la recherche appliquée.

En effet, on trouve actuellement au Québec l'une des masses de chercheurs les plus importantes au monde dans le domaine de l'IA. Ces chercheurs sont hautement prolifiques (ils ont publié plus de 2 000 articles en IA au cours des cinq dernières années) et leurs écrits ont un rayonnement international (dans le domaine de l'apprentissage profond, certains ont été cités plusieurs milliers de fois). On note en outre que de plus en plus d'étudiants susceptibles de faire des recherches en IA à l'avenir s'inscrivent dans les établissements québécois. Par exemple, à l'École de technologie supérieure du Québec et à Polytechnique Montréal, on compte deux fois plus d'étudiants en technologies de l'information qu'il y a cinq ans.

Cependant, le positionnement stratégique du Québec ne se limite pas à la recherche. On trouve aussi au Québec, et plus particulièrement à Montréal, une masse critique d'entreprises en démarrage (*startups*), d'investisseurs, d'utilisateurs potentiels, d'organismes subventionnaires et d'organismes de liaison et de transfert. Ces acteurs, qui forment un écosystème dynamique et complexe qui s'étend bien au-delà des murs des universités, ont su attirer 150 millions de dollars en capital de risque en IA au cours des deux dernières années. Ils ont aussi incité de grandes entreprises comme Thales ou Microsoft à ouvrir sept centres de recherche en IA au cours des derniers mois.

Cependant, l'écosystème québécois en IA ne comporte pas que des forces, comme le montre bien le tableau ci-dessous, que le Comité d'orientation a produit à l'issue de travaux de balisage préliminaires. Ainsi, la coordination entre les universités et les acteurs industriels demeurent souvent difficile – des entreprises rapportent par exemple ne pas bien savoir comment trouver la porte à laquelle cogner pour entreprendre un projet collaboratif de recherche appliquée. De même, au Québec comme ailleurs, les salaires élevés payés dans l'industrie incitent les professeurs appelés à former les prochaines générations de chercheurs en IA à quitter le milieu académique pour poursuivre une carrière en entreprise. Du côté des producteurs d'IA, on déplore par ailleurs qu'il soit parfois compliqué de trouver les premiers clients québécois qui serviraient de tremplin à l'atteinte des marchés étrangers. Quant aux utilisateurs possibles de l'IA, ils comprennent souvent mal le potentiel de celle-ci et les transformations qu'ils devront apporter pour créer un nouveau modèle d'affaires ou améliorer leurs processus.

**Par conséquent, il faudra prendre des mesures vigoureuses pour que l'avantage concurrentiel du Québec se maintienne à long terme face à la concurrence internationale. Et il faudra faire vite !**

Forces et faiblesses des acteurs de l'écosystème québécois en IA <sup>5</sup>

| Formation et recherche                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Tissu industriel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Écosystème de soutien                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>+ <b>Expertise de pointe</b> au-delà de McGill et UdeM</li> <li>+ Présence de <b>forces sectorielles</b> propres à chaque université, sur lesquelles bâtir et créer un <b>potentiel de spécialisation</b></li> <li>+ <b>Mouvement d'augmentation de la quantité et qualité de talent</b> embauché par les universités; p. ex., à l'ÉTS et Polytechnique, 2 fois plus d'étudiants en TI en 5 ans</li> <li>+ Proactivité des acteurs académiques, p. ex., révision en cours de programmes connexes à l'IA</li> <li>= Malgré une collaboration existante, opportunité d'améliorer encore davantage la <b>coordination entre universités et avec les acteurs industriels</b></li> <li>- <b>Difficultés</b> pour <b>attirer le talent académique</b>, dues aux ressources financières et au cadre d'emploi</li> <li>- Fort risque de perdre l'avantage compétitif historique – <b>petit bassin de talent facilement déstabilisable</b> –, <b>crainte de l'écosystème face aux géants tech.</b></li> <li>- <b>Absence d'arrimage</b> entre la formation universitaire, la formation collégiale et les besoins de l'industrie</li> <li>- <b>Multiplication des acteurs et des alliances</b> à l'intérieur et à l'extérieur du Québec</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ <b>Récents levées de fonds de startups</b> prometteuses en IA, avec un total de ~150 M\$ au cours des 2 dernières années</li> <li>+ <b>Grande effervescence à Montréal</b> créée par l'établissement de 7 centres de recherche par des géants technologiques</li> <li>= <b>Écosystème de grappes bien connectées</b>, mais dont le rôle vis-à-vis de la grappe en IA reste à définir sur une base individuelle</li> <li>- À l'exception des principales entreprises technologiques, <b>difficulté croissante</b> d'embaucher des <b>talents en TI</b></li> <li>- Niveau naissant d'intérêt dans les <b>grandes entreprises « non tech » québécoises</b>, mais <b>manque de compréhension</b> sur le potentiel de valeur à court terme et de transformation des modèles d'affaires à plus long terme</li> <li>- <b>Rareté d'entreprises/d'organisations d'ancrage</b> pouvant servir de premier client</li> <li>- <b>Capital de croissance insuffisant</b></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>+ <b>Maturité des VC québécois et appétit</b> d'investir dans le <b>IA-enablement</b></li> <li>+ Présence d'un vaste réseau provincial <b>d'acteurs historiques du transfert technologique</b> vers les <b>PME</b>, p. ex., Transtech, CEFRIO et le CRIM</li> <li>+ Présence de <b>plusieurs acteurs</b> à l'avant-garde des <b>déploiements de transformations</b> analytiques et numériques en <b>grandes entreprises</b>, p. ex., Accenture, McKinsey, Deloitte</li> <li>= Les institutions académiques se sont dotées de structures visant à <b>accélérer le transfert technologique</b>, bien que le format ait besoin d'être précisé</li> <li>- <b>Force de frappe qui demeure limitée</b> en transfert technologique auprès des <b>PME</b></li> <li>- Capacité de <b>transfert technologique</b> répartie à travers de <b>multiples acteurs</b> - e.g. Aligo, Univalor, avec des liens plus ou moins proche des universités</li> <li>- Manque de <b>financement de croissance</b> pour les futures <b>startups</b> à succès</li> </ul> |

<sup>5</sup> Voir Comité d'orientation de la grappe en intelligence artificielle, *Balisage de l'écosystème québécois en IA*, Montréal, 2018, p. 66 et suivantes.

D'autres juridictions ont en effet annoncé l'apport de sommes importantes au développement de l'IA. À titre d'exemple, notons les faits suivants :

- La Chine a déclaré son ambition de devenir le leader mondial en IA d'ici 2030 et son plan est déjà comparé à la stratégie nationale de 2014 sur les semi-conducteurs, pour laquelle Beijing avait alloué 15 milliards de dollars américains par an sur une période de 10 ans <sup>6</sup> ;
- Singapour a créé deux organismes – AI Singapore et le Singapore Data Science Consortium – pour accroître ses compétences en IA et mieux coordonner ses forces universitaires et industrielles (le premier a déjà reçu un financement gouvernemental de 115 M\$ US sur cinq ans) ;
- La Finlande a annoncé le lancement du programme « AI Business », doté d'un budget de 250 M\$ US sur quatre ans, visant à soutenir financièrement les *startups*, les PME et les grandes entreprises dans le développement et l'utilisation de l'IA ;
- La France a fait part, en mars 2018, de sa décision d'investir 1,5 milliard d'euros d'ici 2022 pour créer des chaires de recherche en intelligence artificielle, accroître fortement le nombre d'étudiants actifs en IA et réaliser de grands projets dans ce domaine ;
- La Grande-Bretagne espère ajouter 630 milliards de livres à la taille totale de son économie d'ici 2035 en injectant 300 millions de livres dans la recherche en IA, en égalant les investissements en IA réalisés par les entreprises dans des secteurs comme l'agriculture et les sciences de la vie, et en adoptant d'autres mesures.

Les États prennent en outre des mesures autres que financières pour devenir plus concurrentiels dans le domaine de l'IA. Plusieurs d'entre eux se donnent par exemple les moyens de valoriser rapidement leurs données. La Finlande a ainsi mis sur pied une initiative d'exploitation des données publiques, mettant l'accent sur l'usage des données plutôt que sur leur protection – un changement complet de paradigme.

Le gouvernement du Québec n'est pas demeuré immobile face à ces développements – loin de là –, comme le montre la liste des investissements directs et indirects en IA qu'il a réalisés dans la dernière année. En plus des 100 millions de dollars sur cinq ans dont le Comité d'orientation fait état dans ce rapport, le gouvernement a en effet versé ou annoncé, dans son *Plan économique 2018* et dans d'autres instruments, son intention d'investir 102 millions de dollars dans la réalisation de projets ou de programmes en IA, soit :

- 60 M\$ sur cinq ans à SCALE.AI pour la mise en œuvre des projets de cette supergrappe ;
- 10 M\$ sur cinq ans pour favoriser la mise sur pied du Creative Destruction Lab de Montréal et de NextAI, deux centres qui auront respectivement pour mission d'aider les jeunes pousses technologiques spécialisées en IA à se développer et de soutenir les étudiants, les professionnels et les entrepreneurs qui souhaitent concrétiser des idées qui reposent sur le recours à l'IA ;
- 5 M\$ pour faciliter la mise sur pied d'une nouvelle organisation internationale en intelligence artificielle à Montréal ;
- 1 M\$ pour que les sciences mathématiques appliquées puissent servir à appuyer les domaines liés à l'intelligence artificielle au Québec ;
- 12,5 M\$ dans l'amélioration des infrastructures de calcul de pointe mises à la disposition des acteurs québécois de l'IA et d'autres domaines ;
- 5 M\$ dans la réalisation, par IVADO, d'un projet de recherche Apogée sur les données massives, de même que dans l'accroissement de la puissance de calcul de pointe mise à la disposition des chercheurs ;
- 8,5 M\$ pour soutenir des projets de recherche collaborative en IA par le truchement de Prompt.

---

<sup>6</sup> Voir <https://www.cfr.org/blog/chinas-artificial-intelligence-strategy-poses-credible-threat-us-tech-leadership>.

Le gouvernement a aussi annoncé son intention de réaliser d'autres investissements majeurs qui pourraient, éventuellement, avoir des effets sur le développement de l'écosystème de l'IA. Ainsi, le *Plan économique 2018* prévoit des investissements de :

- 15 M\$ pour favoriser l'appropriation du numérique par les acteurs de l'industrie touristique ;
- 23 M\$ au Centre de recherche industrielle du Québec, pour assurer la transition des entreprises manufacturières vers l'industrie 4.0) ;
- 60 M\$ sur deux ans dans la réalisation d'appels de projets permettant aux membres d'une industrie de se servir de technologies comme, notamment, celles de l'IA pour relever les défis auxquels cette industrie fait face, pour tester de nouveaux modèles d'affaires, pour commercialiser de nouveaux services, etc. ;
- 47 M\$ pour augmenter le taux de diplomation dans des domaines clés, comme le domaine scientifique et le domaine des mathématiques appliquées, pour le développement de l'IA au Québec.

En conclusion, pour terminer parmi les gagnants de la course internationale qui bat son plein et réaliser l'aspiration de créer au Québec « le plus important écosystème d'intelligence artificielle en Amérique du Nord » (recommandation n° 12 du rapport du CCEI), le Québec devra concentrer ses ressources sur les quelques leviers stratégiques qui sont à sa disposition. Au cœur de la stratégie décrite ici se trouvent donc trois impératifs :

1. Il faut garantir la montée en puissance du MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle, l'épicentre de l'apprentissage automatique, dont la mission en matière de recherche universitaire, de formation, de transfert technologique et de dialogue social soutiendra de manière transverse la stratégie de développement de l'IA au Québec.
2. Il faut aider l'ensemble du Québec à contribuer pleinement à cette révolution dans les secteurs historiques qui ont fait sa force et dans la capacité du système d'éducation québécois dans son ensemble de produire plus de spécialistes en IA et en sciences numériques.
3. Il faut continuer de soutenir IVADO et SCALE.AI, en misant sur l'essor qu'ils connaissent à ce jour.

Ces trois impératifs reposent sur cinq grandes orientations stratégiques autour desquelles est bâtie la stratégie :

- Le maintien du leadership académique du Québec ;
- Le développement du talent ;
- L'aide au transfert technologique et à la commercialisation ;
- Le développement d'un pôle d'expertise en IA responsable ;
- Le développement de structures de soutien robustes.

Le présent rapport présente ces cinq orientations ainsi que les 12 recommandations détaillées qui s'y rattachent. Il est à noter que certaines de ces recommandations pourraient – et *devraient* – être mises en œuvre sans attendre, alors que d'autres nécessiteront une concertation plus approfondie des acteurs de l'écosystème.

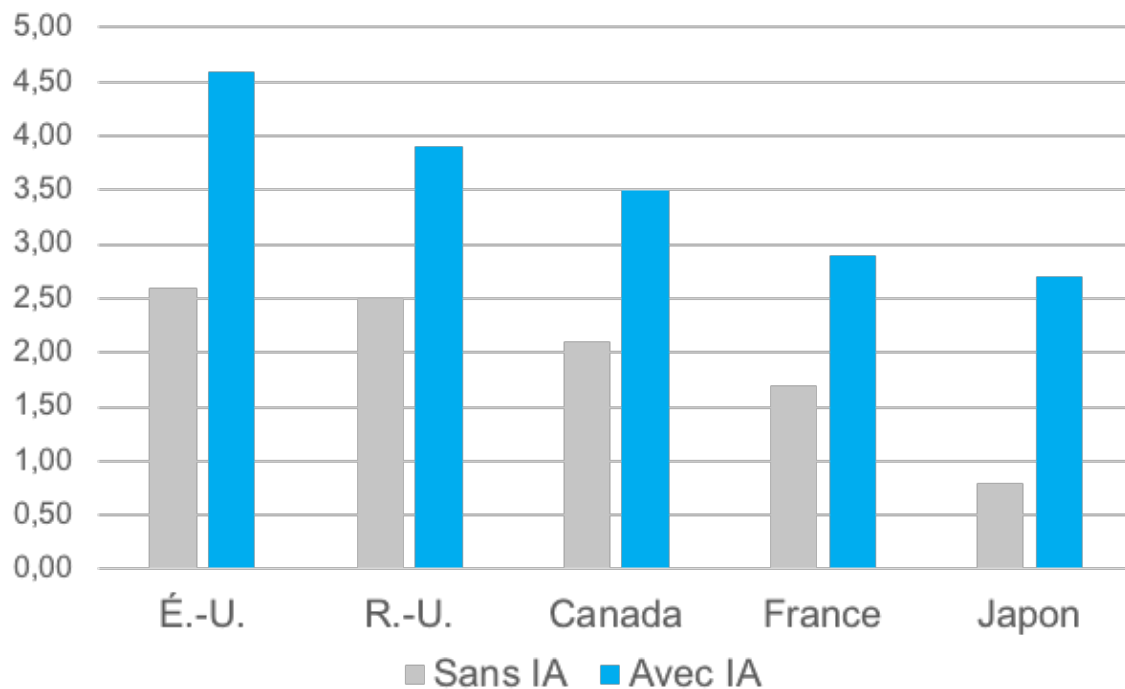
# Convictions du Comité d'orientation

## 1. L'IA : un formidable moteur économique

McKinsey & Compagnie estime, dans une étude récente, que le recours à l'IA devrait entraîner des gains de productivité mondiaux de 0,8 à 1,4 % par an d'ici 2065 (en comparaison, l'invention de la machine à vapeur a produit une hausse de la productivité de 0,3 % entre 1850 et 1910) <sup>7</sup>. Ces hausses favoriseront en fin de compte une augmentation du niveau de richesse global de nos sociétés.

En fait, grâce à l'IA, les pays de la planète connaîtront à l'avenir une croissance économique nettement supérieure à celle qu'ils auraient enregistrée sans cette technologie (voir le graphique ci-dessous). Résultat : en 2030, la contribution de l'IA à l'économie mondiale devrait atteindre les 15 700 milliards de dollars américains, comme si 10 pays de la taille du Canada faisaient leur apparition sur la planète et se mettaient à y injecter de la richesse <sup>8</sup>. Par exemple, le Royaume-Uni estime que l'IA à elle seule a le potentiel d'engendrer plus de 600 milliards de livres supplémentaires dans son économie d'ici 2035 <sup>9</sup>.

**L'impact de l'IA sur la croissance réelle de la valeur ajoutée brute (%) <sup>10</sup>**



<sup>7</sup> Voir <https://www.mckinsey.com/global-themes/digital-disruption/harnessing-automation-for-a-future-that-works>.

<sup>8</sup> Voir <http://www.businessinsider.com/infographic-ai-effect-on-economy-2017-8>.

<sup>9</sup> Voir <https://newsroom.accenture.com/news/artificial-intelligence-poised-to-double-annual-economic-growth-rate-in-12-developed>.

<sup>10</sup> Voir <https://goo.gl/v1GWVM>.



Ces gains majeurs prendront en bonne partie la forme d'économies, c'est-à-dire que grâce à l'IA, il en coûtera moins cher :

- de répondre aux citoyens ou aux clients (des agents conversationnels, ou *chatbots*, pourront se charger de traiter automatiquement les demandes écrites les plus fréquentes que reçoivent les organismes publics ou les entreprises) ;
- de prévenir l'apparition de maladies graves (une société de Montréal, Imagia, a créé un logiciel capable de prédire deux ans avant tout radiologue si un nodule au poumon est malin <sup>11</sup>) ;
- d'acheminer des biens de Montréal à Québec (des camions sans conducteur pourront se charger de transporter une cargaison d'une ville à l'autre) ;
- aux sociétés de jeux vidéo de créer de nouveaux personnages de toute pièce à partir d'images ou de photos existantes <sup>12</sup> ;
- de découvrir de nouveaux gisements de minerai (une compagnie minière a utilisé l'IA pour prédire l'emplacement de 86 % des dépôts d'or de l'Abitibi à partir d'un examen des données relatives à seulement 4 % du territoire de cette région <sup>13</sup>) ;
- ou de gérer les stocks d'une entreprise (Amazon teste actuellement des robots qui sont capables de préparer un colis et de regarnir les tablettes de ses entrepôts <sup>14</sup>).

Ces gains prendront aussi la forme d'innovations. Ainsi, le recours à l'IA permettra :

- aux apprenants de mettre leurs connaissances en pratique dans l'action ou de suivre des cours personnalisés (p. ex. : Duolingo donne aux internautes l'occasion de pratiquer leur espagnol avec un robot conversationnel, en plus de leur présenter des leçons adaptées à leurs forces et à leurs faiblesses <sup>15</sup>) ;
- aux voyageurs de planifier leur voyage (l'application mobile de la société québécoise Hopper permet aux internautes de savoir quand ils devraient acheter leur billet d'avion pour économiser) ;
- aux chercheurs de faire des découvertes encore insoupçonnées (en analysant automatiquement des millions de publications scientifiques, Watson, un outil créé par IBM, a découvert en quelques semaines presque toutes les kinases – un type de protéines clés du corps humain – que les biologistes du monde entier avaient mis près de 15 ans à identifier, de même que des kinases totalement inconnues) <sup>16</sup> ;
- aux personnes âgées de vivre plus longtemps à domicile, de manière autonome et confortable, parce qu'elles pourront confier à un robot des tâches domestiques complexes, comme faire la cuisine ou faire le ménage ; etc.

Dans certains cas, les entreprises qui recourent à l'IA seront même carrément capables de créer de nouveaux modèles d'affaires qui révolutionneront leur secteur d'activité.

En effet, selon des chercheurs de l'Université de Toronto, l'IA permet fondamentalement de réduire ce qu'il en coûte pour faire des prédictions et « quand faire des prédictions devient bon marché, il se fait

---

<sup>11</sup> Voir <http://ici.radio-canada.ca/nouvelles/special/2017/02/intelligence-artificielle/apprendre-creer-predire-cancer-go-science.html>.

<sup>12</sup> Voir <https://futurism.com/these-people-never-existed-they-were-made-by-an-ai/>.

<sup>13</sup> Voir <https://www.techemergence.com/ai-in-mining-mineral-exploration-autonomous-drills/>.

<sup>14</sup> Voir <https://www.nytimes.com/2017/09/10/technology/amazon-robots-workers.html>.

<sup>15</sup> Voir <http://bots.duolingo.com/>.

<sup>16</sup> Voir notamment <http://ici.radio-canada.ca/nouvelles/special/2017/02/intelligence-artificielle/apprendre-creer-predire-cancer-go-science.html>.

plus de prédictions ». Dans un premier temps, soulignent les auteurs, les algorithmes pourront réaliser certaines tâches prédictives que l'on confie maintenant à l'être humain, ce qui permettra aux organisations d'économiser. Mais « la machine à prédictions pourra à un certain moment devenir si précise et fiable qu'elle changera carrément la façon dont une organisation fait les choses. L'IA affectera tellement la réalité de l'entreprise qu'elle ne sera plus utilisée simplement pour améliorer l'efficacité avec laquelle elle exécute sa stratégie ; elle va changer la stratégie elle-même<sup>17</sup> ».

En résumé, l'IA est une technologie majeure que les entreprises québécoises devront commencer à apprivoiser le plus rapidement possible pour demeurer concurrentielles à l'échelle québécoise, canadienne et internationale. Pour ce faire, elles auront besoin du soutien étroit de nombreux acteurs, dont ceux de la recherche et du transfert.

## 2. L'importance de se doter d'un langage commun

Le concept d'intelligence artificielle a émergé en 1950, avec la proposition, faite par Alan Turing, du test aujourd'hui éponyme : un ordinateur peut-il communiquer de manière suffisamment convaincante pour persuader un être humain qu'il est, lui aussi, humain ? Le terme en tant que tel fut inventé en 1955 pour décrire la première conférence sur le sujet au Dartmouth College. De manière générale et du point de vue de l'application, l'expression « intelligence artificielle » est employée pour décrire des machines ou des programmes capables d'exhiber des comportements communément attribués à l'être humain, tels que l'apprentissage, la résolution de problèmes ou la compréhension du langage naturel.

Parce qu'il provoque l'imaginaire, qu'il suscite des intérêts variés et qu'il a évolué au fil des progrès scientifiques, ce terme peut créer de la confusion. Afin d'éviter les malentendus, de baliser les efforts, et surtout, de démystifier l'intelligence artificielle, nous croyons qu'il est impératif d'établir un champ lexical commun de l'IA en commençant par faire une distinction conceptuelle entre deux niveaux d'intelligence artificielle : l'intelligence artificielle « faible », qui désigne une machine ou un programme capable d'effectuer une tâche précise – potentiellement très complexe mais spécialisée, comme jouer efficacement au Go ; Et l'intelligence artificielle « générale », qui désigne une machine ou un programme capable d'apprendre des multitudes de tâches et de transférer ses connaissances d'un problème à un autre, comme le ferait un être humain. À ce jour, seules des formes d'intelligence artificielle « faibles » existent, bien qu'elles concernent des tâches de plus en plus complexes.

Si différentes techniques – comme la programmation logique – ont permis de faire avancer l'intelligence artificielle depuis ses débuts, au milieu du XX<sup>e</sup> siècle, une grande attention est aujourd'hui accordée à l'apprentissage automatique. Il s'agit du meilleur moyen connu de faire progresser l'intelligence artificielle, par le biais d'algorithmes qui apprennent à partir de données ou d'expériences. On peut notamment citer trois catégories d'algorithmes d'apprentissage : l'apprentissage supervisé, qui consiste à extrapoler des règles à partir d'un ensemble d'exemples bien définis ; l'apprentissage non supervisé, qui consiste à trouver des structures sous-jacentes dans un jeu de données ; et l'apprentissage par renforcement, qui consiste à améliorer la prise de décision au fil d'expériences répétées plusieurs fois.

Certaines de ces méthodes impliquent des modèles et des algorithmes qui existent depuis fort longtemps, mais dont la portée a été décuplée au cours des dernières années grâce à l'explosion de la puissance de calcul et des volumes de données disponibles (*Big Data*). En outre, des percées importantes dans l'apprentissage profond – une forme d'apprentissage automatique – ont mené à la révolution de l'IA que nous connaissons, en raison de la capacité de résoudre de nouveaux types de problèmes complexes qui

---

<sup>17</sup> Traduction libre d'Agrawal, A., J. Gans et A. Goldfarb (2018). *Prediction Machines – The Simple Economics of Artificial Intelligence*, Harvard Business Review Press.

étaient hors de portée avec les approches traditionnelles, par exemple, le développement des véhicules autonomes.

Les percées dans l'apprentissage profond et d'autres formes d'apprentissage automatique sont à l'origine de l'effervescence actuelle au sujet de l'IA et sont ce à quoi beaucoup réfèrent (d'une manière plus étroite) comme l'IA. C'est l'apprentissage automatique qui recueille des investissements extraordinaires, pour lequel le MILA est connu comme un leader mondial, et c'est aussi le domaine qui paraît avoir la meilleure chance de mener éventuellement un jour à une forme d'intelligence artificielle générale. Nous devons maintenir le leadership québécois sur le sujet et commercialiser cette technologie pour créer de la richesse.

Le développement de solutions en IA requiert des quantités massives de données pour entraîner et actualiser les algorithmes. Ces données doivent être préparées, structurées, transformées, analysées et interprétées. Ce sont justement là des expertises de la science des données, un domaine pluridisciplinaire qui vise plus généralement à extraire des connaissances d'ensembles de données, et où IVADO – l'Institut de valorisation des données – dispose d'une expertise de calibre mondial. En outre, IVADO est reconnu pour son pôle en recherche opérationnelle, une discipline visant le développement de modèles mathématiques conceptuels en vue d'optimiser la prise de décision dans des problématiques complexes. Il existe des synergies entre cette discipline et l'apprentissage automatique, comme en témoignent le programme de recherche de la Chaire d'excellence du Canada sur la science des données pour la prise de décision en temps réel, positionnée au carrefour de ces différentes disciplines, ainsi que l'objectif scientifique fondamental d'IVADO au programme Apogée, qui est de miser sur les synergies entre la recherche opérationnelle et l'apprentissage automatique.

En outre, rappelons que l'intelligence artificielle s'inscrit dans le mouvement plus large de la transformation numérique, dont elle dépend et dont les composantes sont intimement connectées, notamment avec l'Internet des objets, la numérisation et l'automatisation des processus. L'ensemble de ces technologies positionne la donnée non pas comme un sous-produit, mais comme un « actif », une « matière première » nouvelle qu'il faut générer, exploiter, analyser et valoriser.

Enfin, d'autres technologies qui en sont encore au stade de la recherche pourront accélérer l'essor de l'intelligence artificielle. Notons les calculateurs quantiques, qui pourraient augmenter de façon draconienne la puissance de calcul disponible pour les problèmes d'optimisation et les applications en IA. Le Québec possède d'ailleurs une expertise reconnue dans ce domaine, comme en témoigne la bourse de recherche Apogée Canada, d'une valeur de 33,5 millions de dollars, accordée à l'Université de Sherbrooke en 2015.

### 3. La nécessité de faire des choix et de focaliser nos efforts

Devant la montée en puissance de l'IA, Singapour a fait le choix de prioriser certains volets de son économie. Avec la création de l'organisme AI Singapore, le pays a annoncé son ambition de révolutionner trois secteurs en y développant des technologies de pointe en IA. Ces trois secteurs sont la santé, la finance et les technologies de la « ville intelligente », lesquelles comprennent entre autres la mobilité urbaine.

En outre, avec la création du Data Science Consortium (DSC), Singapour tente de capitaliser sur ses forces existantes en analytique avancée et en sciences des données grâce à la collaboration des milieux universitaires et industriels ; plus précisément, le DSC a pour objectif de faciliter l'adoption et la commercialisation de technologies plus matures dans trois secteurs additionnels : la vente, la logistique et le secteur manufacturier.

Le Comité est convaincu que le Québec devra lui aussi se doter d'excellences sectorielles s'il veut remporter la course technologique à l'intelligence artificielle. Autrement dit, pour assurer son leadership, le Québec devra faire des choix et s'y tenir. Cette concentration des efforts est d'autant plus critique, dans un contexte où les talents sont limités et où les investissements des secteurs public et privé du Québec ne pourront égaler ceux d'autres États, – comme la Chine – ou de géants technologiques tels que Google et Amazon.

Dans son budget 2018-2019, le gouvernement du Québec a mis de l'avant certains secteurs prioritaires comme l'éducation et la santé, dans lesquels sont prévus respectivement plus de 1,6 et de 5,4 milliards de dollars d'investissements additionnels. Le gouvernement prévoit également d'importants investissements de plus de 650 millions de dollars pour protéger l'environnement et favoriser la transition énergétique, notamment dans le secteur de la mobilité. À ces priorités s'ajoutent d'autres secteurs clés de l'économie que le gouvernement compte appuyer, dont les technologies propres, le bioalimentaire, les sciences de la vie et le secteur financier. Le développement de projets de chaînes d'approvisionnement est également signalé comme une ambition gouvernementale, tout comme le renforcement du secteur forestier québécois. Le MILA, IVADO et SCALE.AI ont également identifié des secteurs clés d'intervention, soit la santé, la mobilité <sup>18</sup>, la logistique <sup>19</sup>, les ressources et les énergies vertes, ainsi que le commerce et la finance.

La prise en compte des priorités du MILA, d'IVADO et de SCALE.AI amène le Comité d'orientation à conclure que les secteurs que l'écosystème québécois en intelligence artificielle devra prioriser au cours des prochaines années incluront fort probablement ceux de la santé, de l'énergie, de la mobilité, de la logistique et de la finance.

Cela dit, le choix définitif des secteurs d'intervention à privilégier se fera dans le plan de mise en œuvre de la stratégie définie dans ce document, après la tenue de nouvelles consultations des acteurs du milieu. On peut aussi souligner que les résultats obtenus lors de la mise en œuvre des programmes d'accompagnement des entreprises dont il est question dans la recommandation n° 7 pourront aussi influencer sur les priorités qu'il conviendra d'établir à l'avenir. La cartographie réalisée dans différentes industries pourra, par exemple, montrer que les techniques de l'IA que les acteurs québécois maîtrisent fortement auront un impact plus marqué dans certains secteurs ou créneaux économiques que dans d'autres <sup>20</sup>.

Il est important de souligner ici que ce positionnement n'est aucunement synonyme d'exclusion et qu'il ne s'agit pas de « choisir les gagnants et les perdants ». Il s'agit plutôt de concentrer les efforts du gouvernement et des acteurs de l'écosystème là où le Québec peut réellement jouer un rôle de leader.

#### 4. Le besoin d'élever et de pérenniser l'ambition du Québec et d'investir avec conviction

La volonté politique de faire de l'IA un moteur de l'économie canadienne et québécoise est on ne peut plus évidente ; en effet, outre les investissements importants qui ont déjà été annoncés par les deux paliers de gouvernement, un certain nombre d'initiatives structurantes – dont la création de SCALE.AI – ont été mises de l'avant.

<sup>18</sup> Nous définissons la mobilité comme la capacité de déplacement ou la vue holistique du transport et du déplacement des personnes et de la marchandise, avec ou sans véhicule.

<sup>19</sup> Par « logistique », nous entendons l'ensemble des processus et des activités liés à la gestion des chaînes d'approvisionnement.

<sup>20</sup> Mentionnons, par exemple, que selon McKinsey, il y a plus d'avantages à utiliser les techniques « avancées » de l'IA (comme l'apprentissage profond) que des techniques de traitement de données plus traditionnelles dans des industries comme celles du voyage, du transport ou de la vente au détail. Voir à ce sujet <https://goo.gl/8guv5W>, p. 13.

Or, les investissements annoncés ne suffiront pas à positionner le Québec en tant que leader. Ces investissements ne feront que lui permettre de demeurer dans la course, tout au plus. En outre, le maintien des initiatives lancées par les gouvernements en place est largement tributaire du cycle électoral. Ces efforts sont donc notables, mais insuffisants.

Par conséquent, nous sommes d'avis que le gouvernement devrait pérenniser ses efforts en réalisant un investissement beaucoup plus massif réparti sur dix ans plutôt que sur cinq. Pour générer l'impact souhaité par le Québec, cet investissement devra atteindre au minimum 500 millions de dollars. Nous sommes conscients qu'il s'agit d'un montant élevé, mais nous croyons que l'IA a le potentiel de devenir un véritable moteur de l'économie si nous faisons le choix collectif de nous y investir.

Les quelque 300 millions de dollars additionnels qui s'ajouteraient aux 202 millions déjà engagés à ce jour serviraient trois objectifs :

- 1) Pérenniser les instituts d'ancrage, le MILA et IVADO, sur un horizon de 10 ans ;
- 2) Accélérer le développement du talent en IA et en sciences numériques dans l'écosystème ;
- 3) Accélérer le processus de transfert technologique.

# Recommendations

Figure 2 — L'interdépendance des constituants de l'écosystème



Les orientations stratégiques présentées dans ce rapport, quoique pouvant être comprises et lues séparément, constituent un tout au sein duquel chaque composante est essentielle pour assurer l’essor et la pérennité du leadership du Québec en intelligence artificielle.

L’image de la figure 2 représente les liens unissant les différentes composantes de l’écosystème en intelligence artificielle. D’abord, l’enjeu principal, l’engrenage dont la rotation assure celle des autres, est le talent. À l’heure actuelle, l’offre de main-d’œuvre qualifiée dans ce domaine ne parvient pas à répondre à la demande – qui ne cesse de croître. Pour assurer un leadership en recherche, en conception et dans l’utilisation de l’intelligence artificielle, le Québec doit se doter de mesures pour accroître radicalement le nombre de personnes de talent dans ce domaine. Ces personnes sont des chercheurs et des étudiants qui assurent l’essor du pôle d’excellence en recherche académique en IA et en sciences des données; ce sont des jeunes à la fibre entrepreneuriale qui participent activement à la conception d’applications de l’IA, ce sont des travailleurs qui contribueront à l’adoption et à l’utilisation de l’IA et de ses domaines connexes dans les entreprises du Québec. Lorsque le talent entraîne ces trois engrenages, la commercialisation et le transfert technologique deviennent possibles. C’est ainsi qu’avec la formation d’un vivier de gens de talent, les engrenages de la recherche, de la conception et de l’utilisation de l’intelligence artificielle se mettent en branle et, par le biais de la commercialisation, engendrent des retombées économiques importantes pour le Québec.

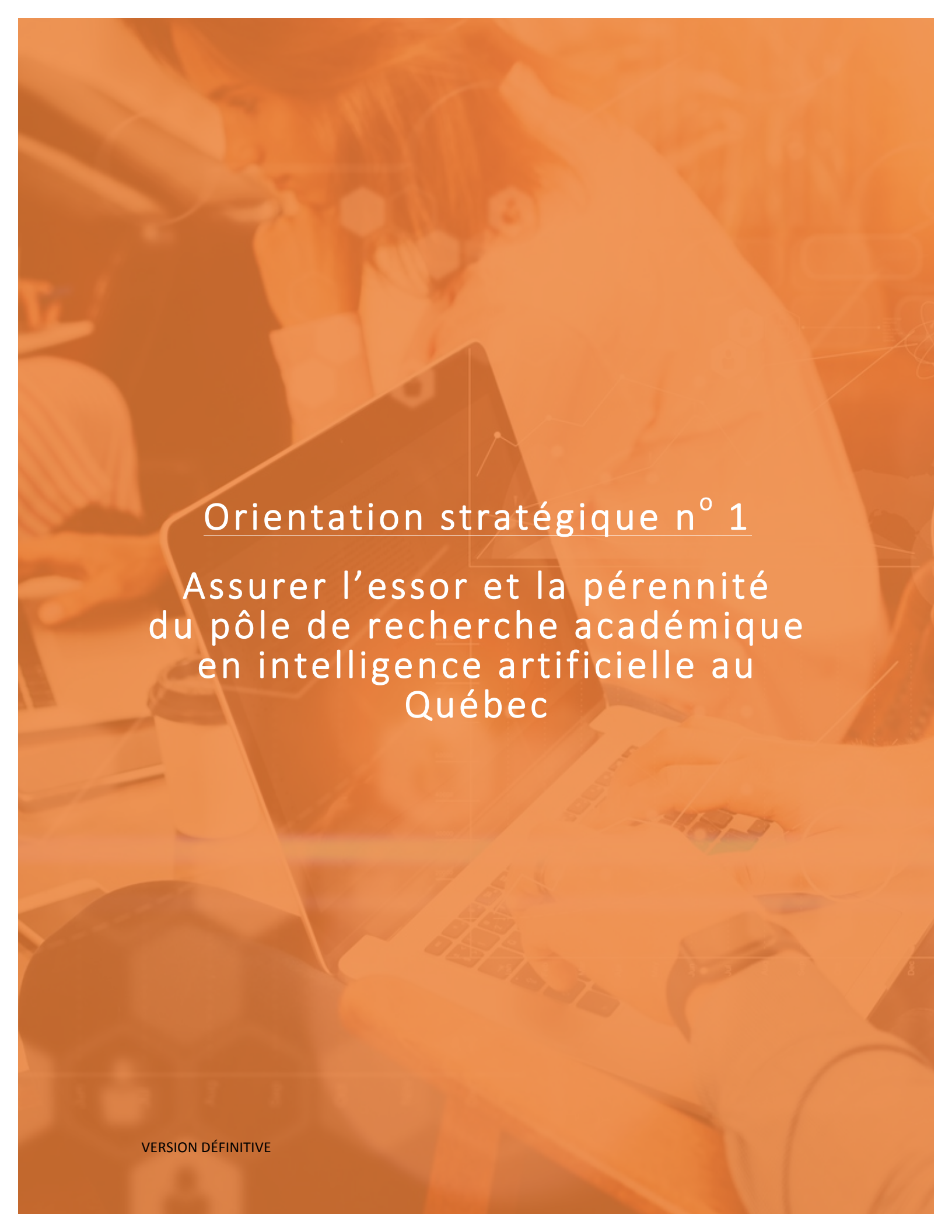
Afin de renforcer les rouages de l’écosystème québécois, un certain nombre de gestes doivent être posés. L’élargissement du bassin de personnes de talent est bien sûr intimement lié au leadership en recherche universitaire, ce dernier déterminant largement notre capacité à former et à attirer les gens dans les établissements d’enseignement de la province. En outre, ce leadership favorisera le développement de nouvelles *startups* nationales et le transfert technologique dans la province. Ainsi, la première orientation stratégique du rapport propose diverses recommandations, de la façon d’attirer des chercheurs de renom à celle de recruter des étudiants locaux et étrangers de qualité aux cycles supérieurs, afin d’assurer la croissance d’un pôle de recherche en intelligence artificielle.

La deuxième orientation stratégique se concentre sur des barrières qui limitent spécifiquement le développement du talent en IA et en sciences numériques au Québec, comme le manque de visibilité sur les besoins en compétences de l’écosystème, les contraintes de révision des programmes collégiaux et universitaires, mais aussi, l’enjeu plus large de littératie mathématique et de promotion des sciences.

La troisième orientation stratégique propose quant à elle des mesures de soutien au processus de commercialisation, afin d’accélérer l’adoption et le développement de solutions en IA par l’ensemble du tissu économique québécois. Ces mesures concerneront d’une part les organismes concepteurs en IA, soit les *startups* – qui ont le potentiel de transformer le paysage économique de la province –, mais aussi les centres de transfert technologique et de recherche appliquée. Ces mesures concerneront d’autre part les organismes utilisateurs, à savoir les PME, les grandes entreprises et les instances gouvernementales.

L’utilisation de l’IA dans nos sociétés suscite un ensemble de réflexions d’ordre social, éthique et économique dont la bonne gestion, en plus d’être essentielle à l’acceptation de la technologie, peut devenir un véritable atout pour le Québec aux niveaux provincial, fédéral et international. La quatrième orientation stratégique porte donc sur le développement au Québec d’un pôle d’expertise en IA responsable.

Enfin, la cinquième orientation vise à renforcer de manière transverse les engrenages de l’écosystème et à « rajouter de l’huile dans ses rouages » par la mise à niveau des infrastructures informatiques et la mise sur pied d’un organisme permanent favorisant la collaboration des acteurs.



## Orientation stratégique n° 1

Assurer l'essor et la pérennité  
du pôle de recherche académique  
en intelligence artificielle au  
Québec



## > Recommandation n° 1 : Augmenter notre capacité d'attirer des chercheurs dans des secteurs où le Québec a le potentiel de devenir un leader mondial

### CONSTATS

À l'heure actuelle, le Québec est reconnu mondialement pour son expertise en recherche en intelligence artificielle. En effet, il compte la plus grande concentration d'universitaires en apprentissage automatique au monde – soit environ 250 experts –, en plus d'être l'hôte de l'un des centres de recherche en apprentissage automatique les plus reconnus : le MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle. De surcroît, plusieurs scientifiques de renommée mondiale, dont l'un des trois pionniers de l'apprentissage profond, le professeur Yoshua Bengio, sont installés au Québec.

En plus de ce pôle d'expertise en apprentissage automatique, le Québec est également reconnu pour ses connaissances dans les domaines de recherche qui ont trait aux applications de l'intelligence artificielle. À titre d'exemple, le McGill Center for Intelligent Machines (CIM), créé en 1985, regroupe 21 chercheurs et 150 étudiants diplômés dont la recherche en intelligence artificielle se concentre notamment sur l'utilisation d'algorithmes en robotique, en vision par ordinateur et en interaction personne-système.

Citons également l'Institut de valorisation des données (IVADO), qui regroupe plus de 1 000 scientifiques affiliés à l'Université de Montréal, HEC Montréal et Polytechnique Montréal, qui développent une expertise de pointe dans les domaines de la science des données, de la recherche opérationnelle et de l'intelligence artificielle. Parmi les membres universitaires d'IVADO se trouvent le Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT) et le Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions (GERAD), deux piliers de la recherche interuniversitaire au Québec, fondés il y a plus de 30 ans qui hébergent notamment la prestigieuse Chaire d'excellence en recherche du Canada sur la science des données pour la prise de décision en temps réel.

Enfin, notons également la présence du Centre de recherche en données massives de l'Université Laval (CRDM), qui compte plus de 35 membres permanents provenant de cinq facultés différentes qui œuvrent sur les thématiques de la bio-informatique, des données non structurées et de la confidentialité, l'éthique et l'acceptabilité sociale de l'utilisation de données. La carte du Québec, à la figure 3, montre bien l'ampleur du réseau universitaire québécois en IA et ses domaines connexes.

Ce pôle de recherche académique et cet avantage historique sont cependant fragiles. D'une part, on assiste à un mouvement de démocratisation de la technologie en IA, notamment avec la montée en puissance des codes *open source*. Des entreprises privées, dont Facebook, partagent d'elles-mêmes des algorithmes développés à l'interne. D'autre part, de nombreuses juridictions et de grandes sociétés étrangères investissent massivement en IA et dans les domaines connexes. Ces investissements servent notamment à attirer des chercheurs. Au cours de l'année 2016, les investissements des géants de la technologie ont représenté entre 20 et 30 milliards de dollars<sup>21</sup>. En 2017, Pékin a annoncé son plan pour augmenter le poids économique de ce secteur de 25 milliards de dollars d'ici 2020<sup>22</sup>. Le Québec a aujourd'hui l'occasion de fortifier son pôle de recherche académique en intelligence artificielle et d'en assurer l'essor. Saisissons cette occasion et agissons rapidement.

<sup>21</sup> McKinsey Global Institute (2017). Artificial intelligence : The next digital frontier.

<sup>22</sup> Voir [https://www.challenges.fr/high-tech/le-plan-de-la-chine-pour-devenir-leader-mondial-en-intelligence-artificielle\\_488717](https://www.challenges.fr/high-tech/le-plan-de-la-chine-pour-devenir-leader-mondial-en-intelligence-artificielle_488717).

## APPROCHE SUGGÉRÉE

### *Volet n° 1 : Assurer l'essor d'un pôle de recherche en apprentissage automatique, profond et par renforcement*

Dans un premier temps, nous recommandons au MESI d'octroyer un financement très substantiel au MILA — Institut québécois d'intelligence artificielle, pour assurer l'essor du pôle de recherche en apprentissage automatique et profond, qui est aujourd'hui concentré autour de cet institut.



Priorité de  
financement  
avec les fonds  
de 100 M\$

Les fonds accordés au MILA permettront d'attirer et de retenir plus facilement les chercheurs de haut calibre en apprentissage automatique, en apprentissage profond et en apprentissage par renforcement grâce auxquels l'IA deviendra un puissant levier de développement économique et social pour le Québec. Plus précisément, les sommes versées au MILA serviront :

- au développement de la relève (versement de bourses aux étudiants talentueux, actualisation des formations offertes aux Québécois en IA, promotion de la littératie mathématique et démocratisation des sciences) ;
- à la création de partenariats de recherche qui permettront l'émergence de nouvelles entreprises en IA et l'appropriation de l'IA par les PME québécoises œuvrant dans des secteurs névralgiques de l'économie québécoise ;
- à l'amélioration de l'accès des chercheurs et de certaines entreprises en IA à la puissance de calcul et à l'expertise en calcul dont ils ont besoin pour travailler efficacement ;
- à l'incubation d'entreprises.

L'ensemble de ces éléments contribuera à créer un écosystème riche et stimulant prisé par les chercheurs universitaires. Le personnel hautement qualifié aura également la responsabilité de la supervision des projets appliqués et des stages d'étudiants inscrits aux programmes de maîtrise professionnelle et de diplôme d'études supérieures spécialisées en IA, programmes qui permettront de rapidement former chaque année plus de 100 étudiants de deuxième cycle professionnel.

Fait à noter, le MILA veillera à assurer la participation étroite d'acteurs provenant de différents établissements d'enseignement et de recherche québécois à ses activités et à la structure de gouvernance qu'il mettra en place. Par exemple, il est déjà prévu qu'un représentant de l'Université Laval siégera au conseil d'administration du MILA. De même, des discussions sont en cours pour préciser le mode de collaboration de cet institut avec des chercheurs provenant de l'extérieur de l'Université de Montréal et de l'Université McGill.

## Investir dans le MILA et la recherche pour développer l'économie : un choix sensé

La décision de faire du MILA l'un des moteurs de l'essor du secteur québécois de l'IA et du développement économique du Québec s'aligne sur celle que d'autres pays ont prise en la matière. Ainsi, la nouvelle stratégie en IA du Royaume-Uni vise en partie à doter le Alan Turing Institute des ressources qui lui permettront de prendre une expansion rapide, de devenir un véritable centre national de recherche en IA et de collaborer avec des centres étrangers. L'Allemagne compte pour beaucoup dans le

secteur sur le Deutsche Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), un organisme dans lequel quelque 900 chercheurs et étudiants du deuxième ou du troisième cycle participent, avec le soutien de l'État et des entreprises, à près de 300 projets de recherche. La mise en œuvre du plan IA de la Corée du Sud repose largement sur la création d'un centre de recherche national dans le cadre d'un partenariat public-privé. Le Japon a utilisé une approche semblable en investissant 340 millions de dollars dans la fondation récente de deux nouveaux centres de recherche fondamentale en IA.

***Volet n° 2 : Faciliter une mobilisation panquébécoise pour l'essor de la recherche sur les applications de l'intelligence artificielle et leur impact***

Nous proposons trois pistes de mesures à prendre pour assurer l'essor et la pérennité de l'excellence en recherche sur les applications de l'intelligence artificielle :

- 1) Le Québec possède d'autres forces que le MILA en recherche au niveau académique. Ces forces, sur lesquelles il pourrait bâtir afin de renforcer ses positionnements sectoriels, comprennent les chercheurs qui, dans d'autres établissements universitaires et collégiaux, travaillent au développement d'applications en IA qui sous-tendent le développement des principaux secteurs économiques du Québec. Ces forces englobent aussi les chercheurs de différentes disciplines qui se penchent sur l'impact de l'IA sur les individus, les organisations et les sociétés, qui réfléchissent aux innovations sociales qui devront obligatoirement accompagner la pénétration de l'IA pour que celle-ci rapporte les résultats escomptés, et qui se préoccupent du développement responsable de l'IA.
- 2) **Nous recommandons donc au gouvernement du Québec de participer à la création de 20 à 30 chaires sectorielles d'excellence sur les applications de l'intelligence artificielle dans les secteurs de pointe du Québec, tels que la santé, la mobilité et la logistique, de même que sur les aspects sociaux, sociétaux et humains du développement et de l'utilisation de l'IA.**  
 En effet, s'il est primordial d'assurer l'essor de la recherche fondamentale dans les domaines de pointe de l'apprentissage automatique, il est aussi essentiel de soutenir la recherche dans l'application de l'intelligence artificielle au sein des secteurs industriels et académiques qui font la force du Québec. La création de ces chaires sectorielles favorisera la contribution de l'ensemble des chercheurs du Québec au développement de l'IA, étant donné les pôles d'expertise présents dans les différentes universités québécoises. Il importe de distinguer les chaires sectorielles ci-dessus des chaires ICRA du MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle et d'accentuer leur complémentarité : les chaires ICRA assurent la croissance du pôle de recherche fondamentale en apprentissage automatique, profond et par renforcement, tandis que les chaires sectorielles permettront l'essor de la recherche dans l'application de l'intelligence artificielle au sein des secteurs dans lesquels le Québec a toujours été très fort, de même que l'intensification des travaux sur les aspects sociaux, sociétaux et humains de la pénétration de l'IA. En outre, il est prévu qu'une partie des fonds ICRA reçus par le MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle soit redirigée vers des universités tierces (p. ex., l'Université Laval) pour soutenir le développement de l'expertise en apprentissage automatique, profond et par renforcement dans l'ensemble de la province.

L'un des trois Fonds de recherche du Québec, soit le FRQ-NT (Nature et Technologies), le FRQ-S (Santé) ou le FRQ-SC (Société et Culture), pourrait être chargé de la création et de la gestion des chaires sectorielles d'excellence. Les trois fonds du FRQ pourraient collaborer afin de permettre

l'octroi de chaires dans des domaines variés allant, par exemple, de la santé au transport ou à l'impact sociétal de l'IA. Le fonds désigné devra nommer un comité d'experts chargé d'évaluer les candidatures pour l'octroi des chaires.

Le gouvernement du Canada, par le truchement d'institutions fédérales comme le programme des chaires du Canada, sera aussi sollicité pour participer à la création des 20 à 30 chaires en IA.

Nous ne recommandons pas un processus précis pour l'octroi des chaires. Le Fonds désigné décidera si un quota de chaires sera attribué par université ou si l'ensemble des chaires sera plutôt accessible à toutes les universités. De la même façon, le Fonds devra décider de la nature et de la durée des chaires. Parmi les critères d'évaluation des demandes de chaires se trouvera assurément la capacité de montrer comment le groupe de recherche s'inscrira dans l'écosystème et collaborera avec les laboratoires de recherche actuels. À titre indicatif, des chaires de sept ans, d'une valeur annuelle d'environ 250 000 dollars chacune, représenteraient un coût total d'environ 35 à 52,5 millions de dollars, selon le nombre précis de chaires accordé. Il faudra aussi prévoir des coûts supplémentaires pour l'exploitation et la mise en place de l'infrastructure appropriée. Le gouvernement pourrait également songer à établir des partenariats avec des entreprises privées qui pourraient financer, du moins en partie, certaines de ces chaires sectorielles.

Les chaires constituent un excellent outil et pourraient même être qualifiées de conditions nécessaires pour attirer et retenir des chercheurs de haut calibre. Néanmoins, force nous est de constater qu'elles ne constituent pas toujours une condition suffisante : il existe des barrières additionnelles au recrutement des chercheurs, et certaines sont structurelles au sein du milieu universitaire. Au-delà de la mise en place de chaires, nous faisons donc quelques propositions connexes pour surmonter ces obstacles :

- Notons, tout d'abord, l'enjeu de la création de postes pour les chercheurs recrutés. Le processus de création d'un nouveau poste est non seulement complexe – l'approbation à la fois de la faculté et du département est requise –, mais aussi extrêmement contraignant pour l'université, étant donné le caractère pérenne des postes créés. **Nous recommandons donc que le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur soutienne les facultés et les départements concernés par la création de nouveaux postes qui découleraient non seulement des chaires accordées, mais également d'embauches dans les filières connexes à l'IA qui assureront l'enseignement de base des cours d'informatique et de mathématique**, cours qui verront assurément leur achalandage croître avec le fait d'attirer davantage d'étudiants locaux et étrangers dans les domaines de l'IA (voir la recommandation n° 2).
- La rétention des chercheurs est un enjeu à la fin de la durée de vie des chaires. Les universités se trouvent dès lors dans une situation délicate où elles n'ont pas les moyens de débourser l'équivalent du surplus salarial reçu jusque-là par les chercheurs. **Nous recommandons donc au gouvernement de mettre en place, à long terme, un programme de chaires qui favorisera l'émergence non seulement de l'IA, mais aussi de l'ensemble des secteurs et des technologies de la nouvelle économie.** Le thème des chaires pourra ainsi varier au fil des décennies, selon les domaines dont le Québec veut favoriser la croissance. Ce programme permettra de continuer à soutenir et à retenir au Québec les chercheurs les plus prometteurs.
- L'enjeu de la rétention des chercheurs est également crucial pour les détenteurs des chaires ICRA du MILA, dont la durée est de cinq ans. Ces dernières servent à financer

l'essor d'un pôle de recherche en apprentissage automatique, profond et par renforcement. Pour retenir les chercheurs à l'approche de l'échéance des chaires ICRA, **nous recommandons au gouvernement du Québec d'intercéder auprès du gouvernement fédéral pour assurer le renouvellement du financement de ces chaires ou pour assurer l'essor et la pérennité du pôle d'excellence en recherche fondamentale en IA.**

- **Également, nous invitons le gouvernement à s'engager dans une profonde réflexion sur l'enjeu systémique de la rémunération offerte aux chercheurs universitaires, laquelle est souvent trop peu concurrentielle dans des secteurs de pointe.**
- Enfin, au-delà des chaires et du soutien gouvernemental pour la création de nouveaux postes de chercheur, le Québec devra se montrer créatif s'il veut réussir à attirer des chercheurs hautement talentueux. Pensons à la Chine (voir l'étude de cas), qui crée des forfaits de recrutement sur mesure dans son *Thousand Talents Plan* et des mesures récentes comme la création de la Cité de l'IA (salaires de 1 M\$ et plus, subventions pour les coûts d'éducation des enfants, emploi garanti pour le conjoint ou la conjointe). **Nous recommandons donc de mettre en place une enveloppe gouvernementale qui servirait à appuyer les universités dans leur recrutement de chercheurs de calibre mondial en intelligence artificielle et dans ses applications.** Étant donné que les universités n'ont pas toutes les mêmes enjeux en matière de recrutement de chercheurs, nous suggérons qu'elles puissent soumettre leurs besoins au gouvernement, lequel gèrera l'octroi des subventions.

- 2) En plus de l'appui aux universités, **nous recommandons que le gouvernement soutienne les cégeps du Québec dans leur capacité de formation et de recherche.** À l'heure actuelle, de nombreux projets sont en cours dans le réseau collégial; pensons, par exemple, à la création d'une attestation d'études collégiales en IA et d'un diplôme d'études collégiales en IA au Collège Bois-de-Boulogne. Pour assurer le succès de ces programmes, il faudra recruter des professeurs et des chercheurs qui ont d'excellentes connaissances dans les domaines connexes à l'IA. Cependant, il est difficile d'attirer des professeurs dans ces institutions, compte tenu de la demande criante pour des spécialistes en IA dans l'ensemble de l'écosystème. Si le Québec désire attirer d'excellents professeurs-chercheurs au sein du réseau collégial pour assurer non seulement la formation, mais également la recherche, il devient impératif de soutenir les cégeps dans cette démarche, par exemple, en créant une enveloppe budgétaire qui servira à soutenir le réseau collégial dans son recrutement de professeurs dans les filières connexes à l'IA.
- 3) **Enfin, nous recommandons de faire une demande à Emploi et Développement social Canada et au ministère de l'Immigration, de la Diversité et de l'Inclusion du Québec pour inscrire des professeurs et des chercheurs universitaires dans des domaines connexes à l'IA sur la liste des professions du projet pilote « Volet talents mondiaux », lancé en juin 2017.** Cet ajout permettrait de traiter les demandes pour l'obtention d'un permis de travail en dix jours ouvrables seulement. La liste de ces professions couvre déjà de nombreux domaines qui relèvent du secteur des technologies de l'information et des communications. Puisqu'elle est appelée à être mise à jour annuellement, il est impératif d'agir rapidement pour mettre en œuvre cette recommandation. Entre juin et décembre 2017, le « traitement en dix jours » a été respecté pour 95 % des 850 demandes. Outre les professeurs et les chercheurs, le gouvernement devrait également profiter de la révision des listes du « Volet talents mondiaux » pour y inclure les autres professions qui ont un lien avec l'IA, par exemple, les invités de recherche qui viennent en visite pour quelques mois, les stagiaires et les programmeurs spécialisés en IA.

Attirer des chercheurs hautement qualifiés s'inscrit au cœur de l'essor d'un pôle québécois de recherche académique en intelligence artificielle. En effet, la croissance d'une masse critique de chercheurs réputés en IA et dans ses applications dans des secteurs de pointe au Québec contribuera à augmenter le prestige de la province dans ce domaine, ce qui permettra à son tour d'attirer des étudiants et d'autres chercheurs. Le fait d'attirer des chercheurs hautement talentueux constitue donc l'enjeu clé qui propulsera le cercle vertueux de l'essor et de la pérennité du leadership en recherche académique en IA au Québec.

---

## ÉTUDE DE CAS

En 2008, la Chine a lancé son *Thousand Talents Plan*, une initiative visant à rapatrier, sur un horizon de 10 ans, 2 000 « experts mondiaux » chinois qui travaillent à l'international. Ces « experts mondiaux » sont définis comme des titulaires de doctorat qui ont atteint le niveau de professeur adjoint dans une université reconnue ou dans une institution scientifique. En 2011, le programme a pris de l'expansion pour englober le fait d'attirer des scientifiques étrangers en Chine. À ce jour, ce programme a déjà dépassé ses objectifs, puisqu'on a rapatrié plus de 7 000 scientifiques <sup>23</sup>.

Le *Thousand Talents Plan* met à la disposition des universités chinoises un fonds de réserve servant à attirer des talents hautement qualifiés à l'international. Ces fonds s'ajoutent aux fonds déjà planifiés par les universités pour créer des postes de chercheur, ce qui permet aux universités d'offrir aux chercheurs de haut calibre un forfait concurrentiel à l'échelle mondiale.

De plus, les universités reçoivent des subventions gouvernementales pour leurs activités de recrutement à l'international (voyages, promotions, etc.). Ces subventions ne constituent pas une sous-composante du budget universitaire, mais bien une enveloppe indépendante, ce qui incite les universités à élargir leur recrutement au-delà de la Chine.

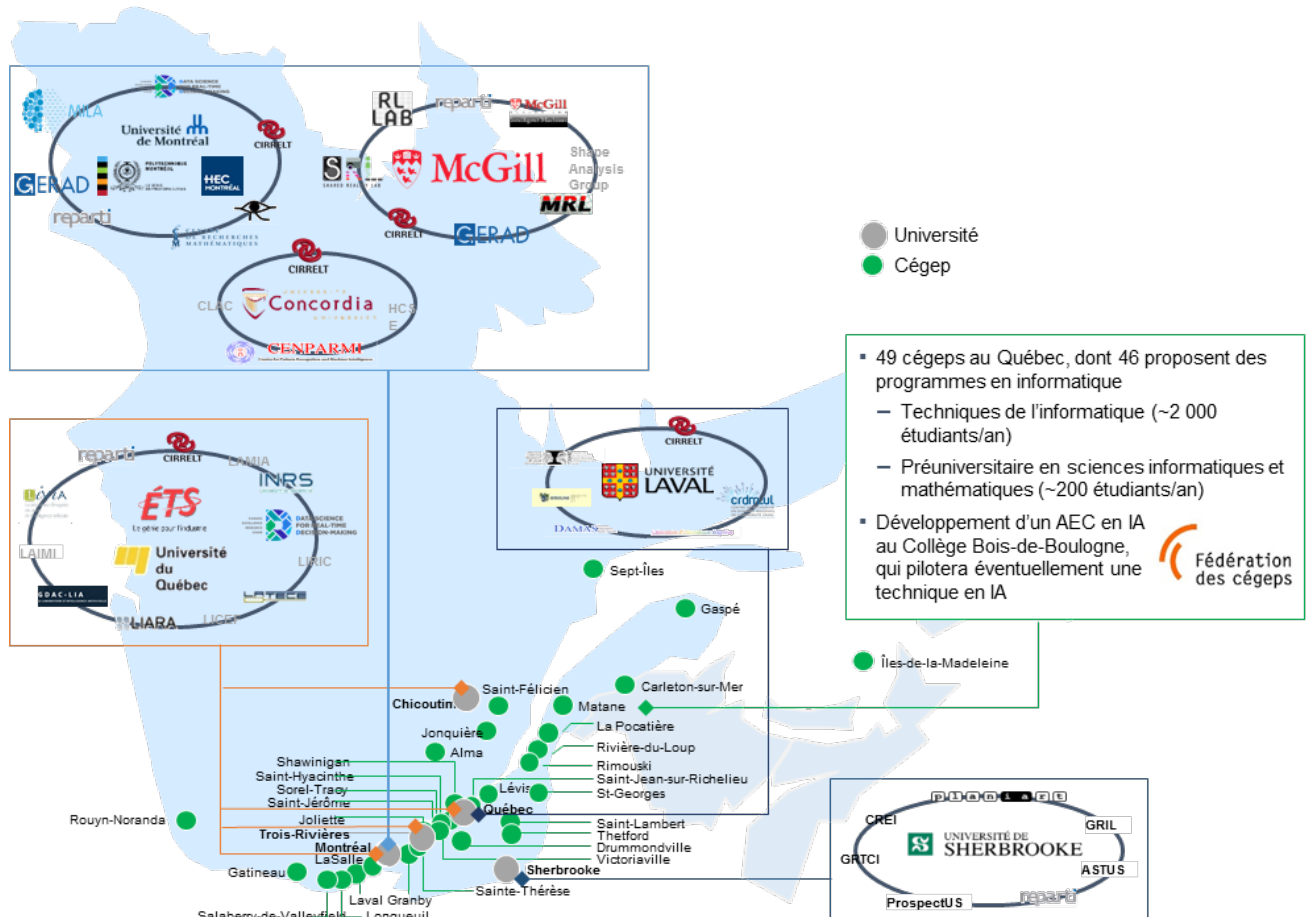
Enfin, les universités sont invitées à offrir des forfaits de recrutement sur mesure aux différents scientifiques qu'elles souhaitent attirer. En effet, le surplus salarial est négocié et d'autres avantages sont très souvent offerts : indemnité de relocalisation, frais d'études subventionnés pour les enfants, billets d'avion payés pour retourner en vacances dans le pays d'origine, emploi garanti pour le conjoint ou la conjointe, indemnité de repas, subventions pour le logement, etc. Certaines universités vont jusqu'à permettre aux chercheurs recrutés de passer 50 % de leur temps dans leur pays d'origine <sup>24</sup>.

---

<sup>23</sup> Voir <https://www.nature.com/articles/d41586-018-00538-z>.

<sup>24</sup> Le Conference Board du Canada (2016). The Thousand Talents Program – Lessons From China About Faculty Recruitment and Retention.

Figure 3 – Universités québécoises, centres de recherche connexes à l'IA et réseau de cégeps offrant une technique de l'informatique



## > Recommandation n° 2 : Assurer l'afflux – en quantité et en qualité – d'étudiants locaux et étrangers aux cycles supérieurs en IA et dans les domaines connexes

### CONSTATS

À l'heure actuelle, les universités observent une légère hausse des effectifs étudiants aux cycles supérieurs, notamment dans les programmes de deuxième cycle, tous domaines confondus. Il est par contre plus difficile, surtout dans des domaines comme la science des données et l'IA – où les profils sont hautement recherchés dans l'industrie –, de convaincre de nombreux étudiants de s'engager dans des études doctorales. Les offres sur le marché du travail sont alléchantes et requièrent rarement un doctorat. En effet, la faible valeur d'un Ph. D. dans le marché de l'emploi au Canada est la principale raison invoquée dans un rapport de l'OCDE<sup>25</sup> pour expliquer le manque d'intérêt des étudiants pour la poursuite d'études de troisième cycle. Pourtant, si nous avons la conviction de vouloir former des

<sup>25</sup> Voir <https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5k92pghq4247-en.pdf?expires=1527308148&id=id&accname=guest&checksum=366E9D971EE22CE6576967EB89DDDD5E3>.

sommités mondiales en recherche en intelligence artificielle, il faut parvenir à attirer davantage d'étudiants et à les soutenir tout au long de leur doctorat.

Afin de pourvoir les postes dans leurs groupes de recherche, les chercheurs se tournent aujourd'hui vers le recrutement d'étudiants étrangers. En effet, au Québec, en 2017, les étudiants étrangers représentaient 20 % de l'effectif étudiant au deuxième cycle universitaire et 40 % des étudiants inscrits au troisième cycle <sup>26</sup>. Par ailleurs, le Québec est arrivé en dernière place au Canada pour la croissance du nombre d'étudiants étrangers entre 2000 et 2014. La Colombie-Britannique, en tête de file, a connu un rythme de croissance cinq fois plus élevé que celui du Québec <sup>27</sup>. De plus, à l'heure actuelle, le parcours d'un étudiant étranger, de son recrutement jusqu'à son intégration dans le milieu du travail, est parsemé d'obstacles divers qui nuisent à son immigration et à son installation définitive au Québec.

D'abord, les frais de scolarité pour les étudiants étrangers sont élevés et ces derniers n'ont pas accès à l'ensemble des bourses offertes aux étudiants canadiens, ce qui peut rendre leur financement plus difficile.

En outre, les chiffres montrent qu'en 2015, le Québec a accueilli environ 43 000 étudiants étrangers au niveau postsecondaire, mais que seulement 3 500 certificats de sélection ont été émis à des étudiants <sup>28</sup>. Selon Montréal International, les trois grands obstacles qui freinent la rétention des étudiants étrangers sont l'accès à l'emploi (disparité des services offerts au sein des universités, frilosité des employeurs à embaucher des étudiants au statut temporaire), le processus d'immigration (processus méconnu et considéré complexe, délais accrus pour l'octroi de la résidence permanente) et le niveau requis de maîtrise du français (atteinte difficile du niveau requis pour l'obtention du certificat de sélection du Québec) <sup>29</sup>. Pourtant, le Québec est aujourd'hui une destination de choix pour les étudiants étrangers, selon le palmarès *QS Best Student Cities 2017*, qui classe Montréal au premier rang des meilleures villes étudiantes au monde <sup>30</sup>. De plus, selon la récente étude de Nestpick <sup>31</sup>, Montréal se hisse au deuxième rang des meilleures villes au monde pour les milléniaux. Si l'on tient compte du fait que la moitié des étudiants étrangers souhaiteraient rester au Québec après leurs études <sup>32</sup> (selon une étude effectuée par Montréal International), il faut en conclure qu'un grand nombre d'entre eux retournent dans leur pays d'origine après l'obtention de leur diplôme, alors qu'on aurait pu les retenir ici. Il sera important de s'assurer que cela ne se produise pas en IA et dans les domaines associés.

L'essor et la pérennité du pôle québécois en IA devraient inciter de nombreux étudiants étrangers à immigrer au Québec afin d'y poursuivre leurs études. Il s'agit d'une raison de plus d'assurer que leur parcours soit sans encombre, de leur recrutement à leur intégration dans le milieu professionnel.

---

<sup>26</sup> Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, Direction des indicateurs et des statistiques.

<sup>27</sup> Statistique Canada.

<sup>28</sup> Voir [http://www.institutduquebec.ca/docs/default-source/recherche/8606\\_attirer-et-retenir-d-%C3%A9tudiants-intern\\_br\\_fr.pdf?sfvrsn=0](http://www.institutduquebec.ca/docs/default-source/recherche/8606_attirer-et-retenir-d-%C3%A9tudiants-intern_br_fr.pdf?sfvrsn=0).

<sup>29</sup> Voir <http://www.montrealinternational.com/wp-content/uploads/2016/08/MI-Consultation-Immigration-2017-2019.pdf>.

<sup>30</sup> Top Universities. *QS Best Student Cities 2017*.

<sup>31</sup> Voir <https://www.nestpick.com/millennial-city-ranking-2018>.

<sup>32</sup> Voir <http://www.montrealinternational.com/wp-content/uploads/2016/08/MI-Consultation-Immigration-2017-2019.pdf>.



## APPROCHE SUGGÉRÉE

Nous proposons quatre mesures à prendre pour assurer l’afflux d’étudiants locaux et étrangers vers des études supérieures dans les domaines connexes à l’intelligence artificielle :

- 1) D’abord, **nous recommandons de faire un effort de fédération et de montée en puissance des initiatives en cours pour promouvoir les sciences et technologies et la littérature mathématique, et d’accroître l’offre de formation dans les domaines du numérique et de l’intelligence artificielle du secondaire à l’université.** En effet, nourrir et augmenter le pipeline d’étudiants aux cycles supérieurs dans les domaines connexes à l’IA commence avant tout par la démocratisation des sciences et la promotion des carrières en sciences mathématiques dès le primaire, et aussi, par la croissance de l’offre de formation dans les filières de l’intelligence artificielle. Les recommandations n<sup>os</sup> 4 et 5 abordent ce sujet plus en détail, en répondant notamment au besoin de soutenir les établissements d’enseignement dans l’actualisation de leur offre de formation et de promouvoir les sciences et les technologies auprès des jeunes et des femmes.

Voir recommandation 12

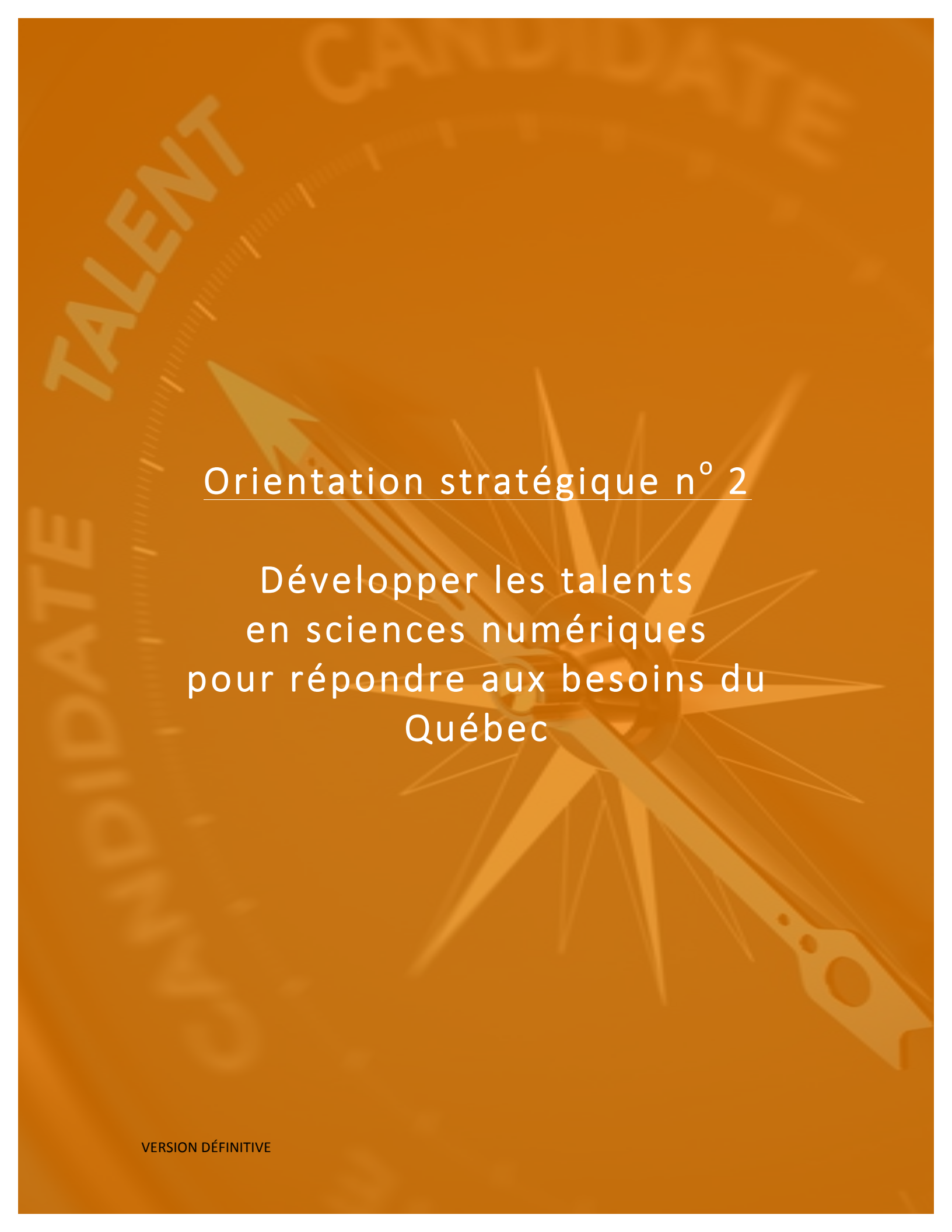
- 2) **Afin d’attirer davantage d’étudiants locaux et étrangers, nous suggérons d’augmenter la visibilité et la transparence de l’offre en recherche qui se présente à eux.** Une information partagée et centralisée permettrait par exemple d’accompagner les étudiants dans la recherche de professeurs qui pourraient les encadrer durant leurs études supérieures. À l’heure actuelle, beaucoup d’étudiants qui désirent faire leurs études supérieures avec des professeurs du Québec reconnus mondialement en intelligence artificielle se voient refuser leur demande en raison de la disponibilité limitée de ces chercheurs. Une vitrine partagée aurait l’avantage de diriger ces étudiants vers d’autres excellents chercheurs des filières connexes à l’intelligence artificielle au Québec et, en fin de compte, d’enrichir le bassin québécois de talents hautement qualifiés en recherche en IA et dans ses applications. La recommandation n° 12 de ce rapport présente plus en détail la mise en place d’une telle vitrine.

Vitrine  
commune

- 3) En outre, si le Québec veut attirer davantage d’étudiants locaux et étrangers hautement compétents qui œuvrent en recherche dans les filières de l’intelligence artificielle et en arriver à former des sommités mondiales dans ces domaines, **nous recommandons d’augmenter le financement disponible pour les étudiants qui effectuent des études de deuxième cycle (maîtrise en recherche, maîtrise professionnelle, diplômes d’études supérieures spécialisées) et de troisième cycle dans ces domaines.** Cette mesure pourrait se traduire, par exemple, par la création d’un programme de bourses accessible aux meilleurs étudiants locaux et étrangers qui font des études dans les domaines connexes à l’IA. Les étudiants inscrits aux programmes de deuxième cycle professionnel (maîtrise et DESS) reçoivent aujourd’hui peu de financement, mais ces programmes ont l’avantage de permettre une montée en puissance rapide du nombre d’étudiants inscrits, étant donné que les étudiants ne sont pas directement encadrés par un chercheur. La barrière du nombre de chercheurs devient alors beaucoup moins importante. Ces programmes offrent également un stage en entreprise qui contribue à favoriser l’enracinement des étudiants étrangers au Québec. Enfin, les bourses offertes aux étudiants de troisième cycle dans les filières connexes à l’IA devraient les inciter non seulement à entamer leurs études, mais également à les mener à terme.
- 4) Enfin, **pour retenir les étudiants étrangers, nous recommandons de bonifier les programmes actuels** comme ceux élaborés par Montréal International et Québec International dans le cadre de la stratégie établie par le ministère de l’Immigration, de la Diversité et de l’Inclusion du Québec qui vise à augmenter le nombre d’étudiants étrangers qui s’établissent au Québec de façon permanente à la fin de leurs études. Pour ces programmes, Montréal International et Québec International ont reçu des subventions de 1,6 et de 0,2 million de dollars

respectivement, sur trois ans. La bonification de ces programmes pourrait notamment passer par l'offre gratuite de cours de français pour les étudiants étrangers, afin de faciliter et de favoriser leur intégration et leur enracinement au Québec.

En conclusion de cette première orientation stratégique, rappelons que le fait d'attirer des chercheurs hautement qualifiés en intelligence artificielle et dans ses applications rehaussera le prestige de Montréal et du Québec tout entier, et attirera plus d'étudiants locaux et étrangers. Le tout crée un cercle vertueux, car la facilité d'accès à des étudiants talentueux favorisera la venue de chercheurs de renom.



## Orientation stratégique n° 2

Développer les talents  
en sciences numériques  
pour répondre aux besoins du  
Québec

## Avant-propos

L'orientation stratégique précédente traite du besoin d'assurer l'essor et la pérennité du pôle de recherche académique en intelligence artificielle au Québec. La montée en puissance d'un tel pôle d'excellence en recherche est primordiale puisqu'elle attirera des chercheurs et des étudiants hautement talentueux. Elle offrira également l'avantage de propulser le développement d'un vivier de talents en sciences numériques pour répondre à l'ensemble des besoins des employeurs du Québec. En effet, étant donné que la majorité des chercheurs ont une charge d'enseignement et que les étudiants au doctorat et au postdoctorats peuvent également dispenser des cours, la croissance du bassin d'étudiants et de professeurs qui font de la recherche permettra d'augmenter le nombre et la pertinence des cours connexes à l'IA offerts à tous les niveaux (collégial, universitaire, formation en entreprise et au sein des acteurs du transfert technologique), contribuant ainsi à former la main-d'œuvre qualifiée dont le Québec a grandement besoin.

Par ailleurs, d'autres mesures doivent impérativement être mises en place pour assurer l'adéquation formation-emploi et pour soutenir les établissements d'enseignement dans l'actualisation de leur offre de formation.

- > **Recommandation n° 3 : Dresser et maintenir un portrait clair et exhaustif pour l'ensemble des acteurs sur les besoins, les manques et les possibilités en termes de compétences en sciences numériques, grâce à une «veille talent»**

### CONSTATS

Les domaines du développement et de l'application de solutions en intelligence artificielle sont en pleine croissance et nécessitent une main-d'œuvre de plus en plus abondante, qualifiée et diversifiée. Or, à l'heure actuelle, nous n'avons qu'une faible connaissance de la taille exacte de cette main-d'œuvre, des besoins précis de l'industrie en termes de profils d'emploi et du nombre de personnes de talent que produisent les établissements d'enseignement québécois dans les filières sciences numériques. Une première approximation a permis d'estimer le déficit en personnes de talent à au moins 1 000 diplômés par année, un nombre qui augmentera potentiellement à moyen terme. Le besoin en personnes de talent est criant, mais il est difficile aujourd'hui de connaître son nombre exact et les compétences précises requises en entreprise.

### APPROCHE SUGGÉRÉE

Nous ne recommandons pas la formation d'un nombre précis d'étudiants ou la création de tel ou tel programme ; nous sommes d'avis que l'amplitude et la nature exactes des besoins sont trop peu connues pour avancer des chiffres.

Nous suggérons plutôt d'acquérir une meilleure perception des besoins en personnes de talent dans l'ensemble de l'écosystème, afin qu'elles puissent se mobiliser et s'adapter rapidement. Cette transparence au sujet des besoins est primordiale pour permettre aux établissements d'enseignement de modifier leur offre de formation en conséquence, aux employeurs d'adapter leur stratégie de recrutement et aux étudiants intéressés par l'informatique ou les mathématiques d'en apprendre davantage sur les débouchés dans ces domaines.

Pour améliorer cette perception, nous recommandons de mettre en place une « veille talent » qui aurait le mandat suivant :



Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$

- 1) Effectuer une étude hautement professionnelle pour déterminer les besoins de l'industrie, l'offre actuelle et les programmes de formation en cours, voire identifier les profils d'avenir et estimer le déficit actuel et projeté de gens de talent.

Voir  
recomman-  
dation 12

Afin d'assurer la transparence au sujet des profils d'avenir dans les domaines connexes à l'intelligence artificielle, nous suggérons que ces profils soient rendus accessibles aux étudiants, favorisant ainsi leur intérêt pour les filières où le besoin est le plus grand.

Vitrine  
commune

- 2) Fournir rapidement un état des lieux sur l'offre actuelle de programmes courts de conversion et de formation continue; alerter les acteurs de l'écosystème et le gouvernement en cas de manque.

Ce deuxième point est primordial pour augmenter rapidement la main-d'œuvre disponible sur le marché du travail sans devoir attendre les trois ou quatre années nécessaires pour la formation complète des étudiants au baccalauréat. En d'autres termes, il s'agit de s'assurer que les nouveaux diplômés des programmes de sciences, de technologies, d'ingénierie et de mathématiques (STIM) – qui ont déjà une excellente littératie mathématique – puissent se convertir rapidement et opter pour une carrière liée à l'intelligence artificielle et à la science des données. C'est d'ailleurs ce que fait Singapour avec son *AI Apprenticeship*, un programme de neuf mois dont six mois de stage en industrie qui vise à procurer des connaissances pratiques et une expérience de travail en IA aux nouveaux diplômés en informatique et en mathématiques. Les étudiants reçoivent une rémunération variant entre 2 000 et 3 000 dollars par mois pendant la durée complète du programme. Le Royaume-Uni, dans sa stratégie entourant l'intelligence artificielle, prévoit également étudier le potentiel d'une maîtrise de conversion d'un an pour les diplômés des filières STIM, afin que ces derniers puissent appliquer l'IA à leurs spécialités respectives (p. ex., sciences biomédicales et IA). Ces diplômés détiennent déjà les compétences fondamentales pour travailler sur des applications d'IA et pourraient ainsi être rapidement « convertis » pour travailler dans ce domaine.

Voir recommandation 12

En outre, le recensement de l'ensemble des formations disponibles en IA et dans les domaines connexes devrait être facilement accessible aux acteurs de l'écosystème, afin de les aider à trouver rapidement une formation adaptée à leurs besoins. Ce recensement comprendrait les formations au niveau collégial et universitaire, mais également l'ensemble de l'offre en formation continue et de cours en ligne. Sur ce dernier point, le Québec, dans le cadre de son *Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur*, a déjà manifesté son intérêt pour la mise sur pied d'un « eCampus », une plateforme en ligne qui recense l'ensemble des cours en ligne offerts par les établissements d'études postsecondaires québécois et qui pourrait potentiellement devenir un véritable campus collaboratif d'éducation en ligne. La « veille talent » devra donc s'assurer de bien s'arrimer aux initiatives en cours, notamment au projet eCampus, et optimiser son marketing pour faire rayonner davantage la formation québécoise à l'échelle internationale.

Vitrine  
commune

- 3) Assurer une veille concurrentielle en observant ce qui se fait à l'international en matière d'offre de formation et d'adéquation formation-emploi.

Nous recommandons que cette « veille talent » soit placée sous la responsabilité d'IA.Québec (voir la recommandation n° 11) et qu'elle soit soutenue par un organisme existant (p. ex., TECHNOCompétences) dont le rôle principal sera d'étudier les besoins. IA.Québec sera appuyé par un comité d'acteurs provenant des établissements d'enseignement et du milieu industriel, qui apportera soutien et conseils, tout en validant rigoureusement la méthodologie, les résultats et l'analyse. La présence de leadership gouvernemental au sein de la veille est primordiale pour démontrer le sérieux du projet et assurer une participation active des membres.

## Diversité des profils des talents en IA et dans les domaines connexes

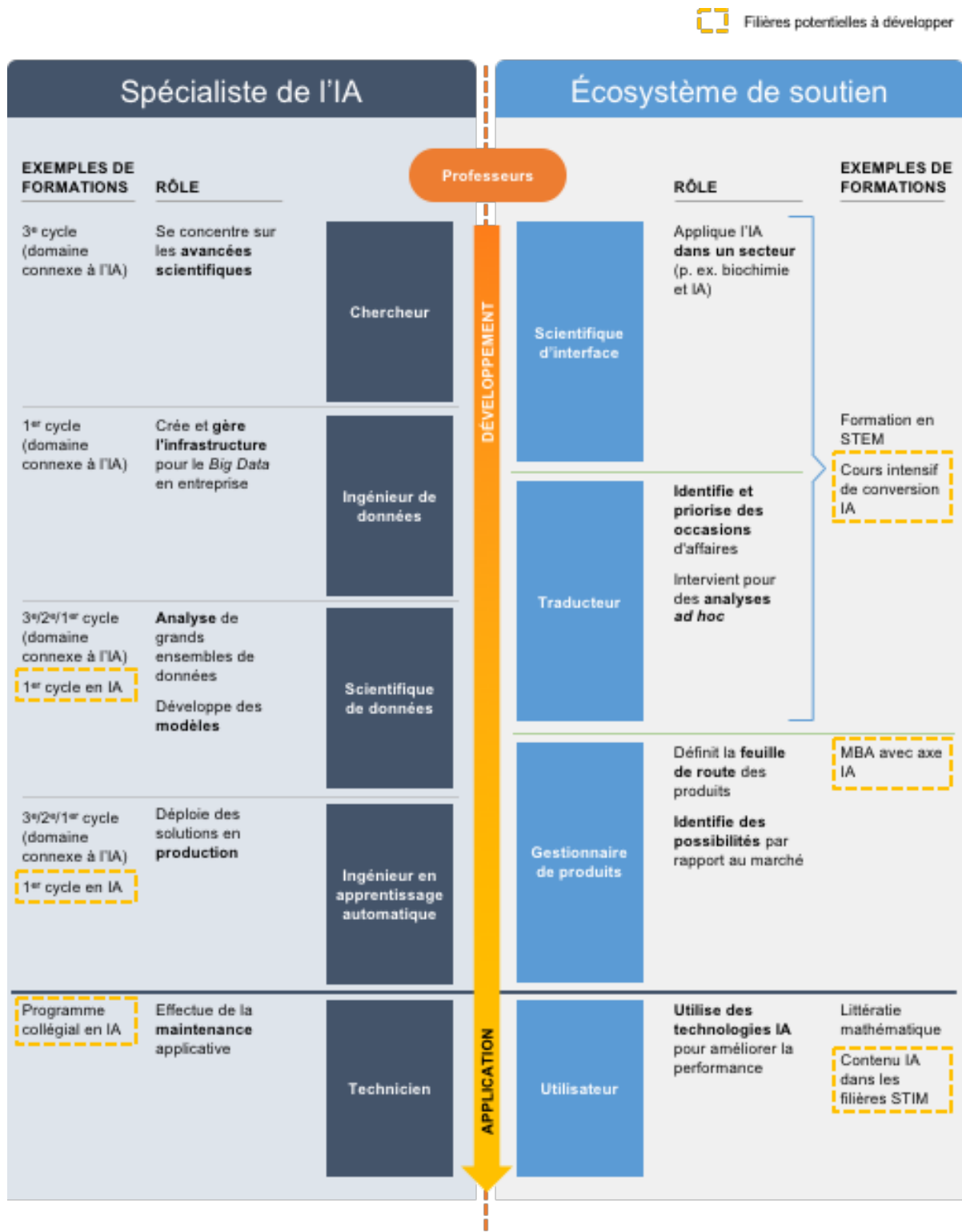
Dans ce rapport, nous ne recommandons pas les formations à mettre en place, mais nous avons, au fil d'entrevues effectuées avec les acteurs de l'écosystème, recensé certains types de besoins. La figure 4 donne une vue non exhaustive des différents profils que nous avons répertoriés lors de ce premier exercice ; l'objectif ici est d'illustrer la diversité des profils requis pour répondre aux besoins grandissants de l'écosystème en intelligence artificielle, et plus largement, en sciences numériques.

Les profils se regroupent sous deux grandes catégories : les spécialistes de l'intelligence artificielle et des sciences numériques, c'est-à-dire ceux qui ont besoin de connaissances techniques dans ces domaines (p. ex., chercheurs, scientifiques de données, ingénieurs en apprentissage automatique) et les acteurs « d'interfaces », qui doivent avoir une compréhension des applications et du potentiel de transformation de l'intelligence artificielle et de l'analytique avancée (p. ex., scientifiques d'interface, traducteurs). L'ensemble de ces profils peut se répartir sur un spectre allant de la R-D jusqu'à l'utilisation et à l'application de solutions d'intelligence artificielle.

À la lumière de cet effort, il apparaît que certains profils nécessiteront la création ou la modification de certains programmes, par exemple, l'ajout de cours d'introduction à l'IA pour les étudiants au MBA. Sur ce dernier point, le gouvernement de la France a déjà pris un virage en annonçant, dans son rapport-synthèse sur la France et l'intelligence artificielle, l'introduction de modules sur l'IA dans les écoles de management, en vue de sensibiliser les grands décideurs aux enjeux de l'IA <sup>33</sup>.

<sup>33</sup> Voir [https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/2017/Rapport\\_synthese\\_France\\_IA\\_.pdf](https://www.economie.gouv.fr/files/files/PDF/2017/Rapport_synthese_France_IA_.pdf).

Figure 4 – Illustration de la diversité des profils requis dans l'écosystème en IA



## > Recommandation n° 4 : Soutenir les établissements d'enseignement dans l'actualisation de leur offre de formation

La mise en place d'une « veille talent » sera bénéfique pour l'ensemble des acteurs de l'écosystème, y compris les établissements d'enseignement, qui pourront s'en servir pour alimenter leur réflexion sur la révision de leurs programmes en fonction des besoins identifiés par cette veille. Il importe donc d'assurer un arrimage et un dialogue transparent entre la « veille talent » et les établissements d'enseignement. Par ailleurs, à l'heure actuelle, certaines barrières empêchent les universités et les cégeps de faire preuve de souplesse et d'agilité dans l'actualisation de leur offre de formation.

### CONSTATS

À l'heure actuelle, les établissements québécois d'enseignement collégial et universitaire ont peine à obtenir les ressources financières nécessaires pour actualiser rapidement leur offre de formation en fonction de l'évolution des besoins<sup>34</sup>. Elles ont tout de même commencé à réviser certaines de leurs formations pour tenter de répondre au déficit de talent dans les domaines connexes à l'intelligence artificielle. Pensons à l'Université de Montréal, à HEC Montréal, à Polytechnique Montréal et à l'Université McGill qui, conjointement avec le MILA, se sont engagés dans la création de nouveaux programmes en offrant, dès septembre 2018, une maîtrise professionnelle et un diplôme d'études supérieures spécialisées en intelligence artificielle. Ce dernier programme est d'une durée d'un an, dont quatre mois de stage en entreprise. L'Université Laval offrira également, dès l'automne prochain, une maîtrise professionnelle en IA. Les cégeps participent à ce mouvement avec le développement d'une attestation (AEC) et d'un diplôme d'études collégiales (DEC) en IA au Collège Bois-de-Boulogne.

Le Québec bénéficiera grandement de ces programmes, qui permettent de former rapidement des talents en sciences numériques; cependant, ces derniers ne parviendront vraisemblablement pas à répondre à l'ensemble de la demande de main-d'œuvre qualifiée de la province, dont le besoin se fait cruellement sentir. Les établissements d'enseignement doivent rapidement se décider à ajouter des cours d'introduction au domaine du numérique et de l'IA à l'ensemble de leurs formations en sciences, en technologies, en ingénierie et en mathématiques (STIM), à créer des cours en ligne pour favoriser la formation des étudiants en région, à créer des orientations ou des concentrations en IA au sein des programmes actuels de premier cycle universitaire et à bâtir de nouveaux programmes de premier cycle en IA. De surcroît, les cégeps devront songer à étendre leur offre de formation pour répondre aux besoins de l'ensemble du Québec. Enfin, comme le mentionne la recommandation précédente, il est crucial d'évaluer l'offre actuelle en formation continue et en programmes courts de conversion destinée à de nouveaux diplômés en STIM qui pourraient rapidement acquérir des connaissances en sciences des données et en intelligence artificielle et se diriger ensuite sur le marché du travail, tout cela en moins d'un an.

Pour assurer la création d'un vivier de talents en intelligence artificielle, les établissements d'enseignement québécois doivent impérativement recevoir un soutien financier du gouvernement du Québec.

De plus, le temps requis pour la création ou la révision des programmes dans les domaines connexes à l'IA et, plus généralement, dans l'ensemble des programmes en STIM varie actuellement entre deux et trois ans, ce qui signifie qu'il peut s'écouler jusqu'à cinq ans entre le moment où la révision débute et celui où la première cohorte arrive sur le marché du travail.

---

<sup>34</sup> Entrevues avec des acteurs de l'écosystème.



## APPROCHE SUGGÉRÉE

- 1) Dans un premier temps, **nous recommandons d’assurer un soutien financier aux établissements d’enseignement collégial et universitaire pour les appuyer dans l’actualisation de leur offre de formation.** Étant donné la croissance fulgurante des besoins de l’industrie pour ce qui est des talents dans les filières du numérique et de l’IA, il est primordial de s’assurer que les établissements qui formeront ces talents auront les moyens d’y arriver. Ce soutien pourrait prendre la forme, par exemple, d’une enveloppe gouvernementale destinée à appuyer les établissements d’enseignement québécois dans l’actualisation de leur offre de formation. Ces établissements pourraient soumettre leurs besoins au gouvernement, qui gèrerait l’octroi des subventions. Cette enveloppe gouvernementale doit assurément comprendre un budget réservé au soutien pour la création de cours en ligne, dont les avantages pour le Québec sont présentés en détail en annexe.
- 2) **Nous recommandons également de simplifier et d’accélérer le processus d’approbation gouvernementale des programmes de formation proposés par les établissements d’enseignement québécois** pour assurer plus de souplesse et d’agilité dans la mise à jour de leur offre de formation en fonction de l’évolution des besoins.

Le gouvernement s’est déjà engagé dans cette direction en procédant à une refonte du processus d’approbation des programmes de formation professionnelle et de formation technique du réseau collégial du Québec. Nous suggérons de procéder également à une révision du processus d’approbation des programmes proposés par les universités, étant donné que ces dernières veulent – et doivent – modifier rapidement leur offre de formation pour répondre au besoin croissant de main-d’œuvre qualifiée en IA.

Afin de nous assurer que les formations tirent le meilleur parti possible de l’écosystème d’enseignement universitaire québécois, nous suggérons de faire en sorte que ce processus accéléré d’approbation des programmes s’applique en priorité à ceux qui sont soumis conjointement par deux universités ou plus. Ainsi, une collaboration interuniversitaire sera privilégiée, ce qui contribuera à réduire les redondances, à assurer un minimum de coordination entre les programmes universitaires et à offrir une formation riche, permettant aux étudiants d’avoir accès aux départements et aux expertises de plusieurs universités.

## > Recommandation n° 5 : Promouvoir la littératie mathématique et la démocratisation des sciences

### CONSTATS

Le manque de talents en sciences numériques et mathématiques est flagrant à l’heure actuelle. Or, il existe un lien direct entre ces compétences et l’intelligence artificielle : une excellente maîtrise du langage mathématique est nécessaire pour comprendre les notions de base en science des données et en IA. Ainsi, nourrir le pipeline dans ces deux domaines revient à nourrir le pipeline en sciences mathématiques. Pour remplir ce vivier de talents, il faut d’abord et avant tout faire un effort panquébécois de démocratisation des sciences et de promotion des formations et des carrières en sciences, en technologies, en ingénierie et en mathématiques (STIM) auprès des jeunes. Ce mouvement entraînera des

avantages non seulement dans les domaines du numérique et de l'intelligence artificielle, mais également dans l'ensemble des formations et des carrières d'avenir en STIM.

En outre, la sous-représentation des femmes dans les filières STIM est un problème qu'il faudra absolument résoudre. Selon un rapport publié par l'économiste en chef de la Banque TD, bien que les femmes soient mieux représentées dans les domaines des sciences physiques et de la vie, elles ne représentent que 20 % des diplômés en génie et 25 % des diplômés en informatique et en mathématiques, malgré le fait que ces domaines représentent plus des trois quarts des emplois en STIM <sup>35</sup>. En apprentissage profond, la proportion de femmes est encore plus faible, de l'ordre de 10 % <sup>36</sup>.

Autre constat : aujourd'hui, au Québec, environ 21 % de la population affiche le plus bas niveau de littératie mathématique, soit un niveau correspondant à la capacité d'effectuer des opérations mathématiques simples comportant habituellement une seule étape. Et seulement un Québécois sur dix affiche des compétences élevées en littératie mathématique <sup>37</sup>. Compte tenu de l'essor fulgurant de l'intelligence artificielle et des technologies numériques, les travailleurs de demain seront appelés à utiliser de plus en plus d'outils numériques fondés sur l'intelligence artificielle. Il devient donc primordial de s'assurer que l'ensemble de la main-d'œuvre du Québec ait un niveau de littératie mathématique suffisamment élevé pour pouvoir accepter et utiliser ces outils.

Forts du soutien d'acteurs comme le gouvernement du Québec et le gouvernement du Canada, de nombreux organismes et initiatives (p. ex. : la Boîte à science des régions de la Capitale-Nationale et de Chaudière-Appalaches, l'Association pour l'enseignement de la science et de la technologie au Québec, le projet Ambassadeurs scientifiques du Centre de développement de la relève scientifique et technologique) aident actuellement les Québécois, particulièrement les jeunes, à apprécier et à mieux comprendre les STIM, en plus de favoriser le développement de la relève dans ce domaine névralgique pour l'avenir de l'IA. Par exemple, la dernière édition du programme NovaScience du MESI permettra, dans les années à venir, la réalisation de 36 projets visant l'enrichissement des activités en sciences et en technologie pour les étudiants en formation professionnelle, au collégial et au premier cycle universitaire, la sensibilisation des élèves du primaire, du secondaire et des centres d'éducation pour adultes et le développement des pratiques professionnelles chez les enseignants en sciences et en technologie du primaire, du secondaire et du collégial préuniversitaire. En 2016-2017, NovaScience avait permis de lancer plus de deux douzaines de projets de sensibilisation et de formation, dont trois, menés en partenariat, devaient spécifiquement servir à accroître l'intérêt des filles et des femmes pour les STIM.

Cela dit, il existe un besoin flagrant de fédération, de montée en puissance et de partage des meilleures pratiques adoptées partout à travers le Québec en matière de promotion des STIM.

## APPROCHE SUGGÉRÉE

Le gouvernement du Québec et le gouvernement du Canada soutiennent déjà, par leurs actions et par divers programmes, le développement d'une relève capable de mieux comprendre et relever les enjeux relatifs au STIM. Dans le cadre de la *Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation 2017-2022 – Oser innover*, le gouvernement du Québec a même pris la décision de renforcer le programme NovaScience en y injectant 7,55 millions de dollars supplémentaires d'ici 2021-2022.

<sup>35</sup> Caranci, B. (2017). Les femmes en STGM – Comblent l'écart.

<sup>36</sup> Entrevues avec des acteurs de l'écosystème.

<sup>37</sup> Desrosiers, H. et autres (2015). Les compétences en littératie, en numératie et en résolution de problèmes dans des environnements technologiques – Des clefs pour relever les défis du XXI<sup>e</sup> siècle. Rapport québécois du Programme pour l'évaluation internationale des compétences des adultes (PEICA), Québec, Institut de la statistique du Québec.

**Notre recommandation n'est donc pas de réinventer la roue, mais plutôt de chercher à mieux valoriser et à fédérer les principales initiatives entreprises en matière de littératie mathématique et de promotion de carrières en STIM, et à accroître leur impact en assurant une concertation optimale entre les organismes existants.**

Nous suggérons donc qu'un acteur de l'écosystème reçoive pour mission de coordonner les initiatives en cours aujourd'hui en termes de promotion des sciences et des technologies et de la littératie mathématique pour amplifier la force de frappe à l'échelle panquébécoise. Le Québec a besoin d'un tel joueur qui, doté des moyens appropriés, répondrait aux besoins des responsables des initiatives existantes en matière de fédération, de concertation, d'évaluation, d'amplification et de partage des meilleures pratiques. L'Australie s'est dotée d'un tel organisme en 2002, avec la création de l'Australian Mathematical Sciences Institute (voir l'étude de cas).

Il est impératif de préciser que l'appui d'un tel acteur au Québec aurait un impact positif sur le domaine de l'intelligence artificielle et de la science des données, mais également sur tous les champs liés aux STIM dans lesquels le Québec a l'occasion d'exceller, par exemple, les jeux vidéo et la réalité virtuelle, la biologie statistique, la médecine préventive, la finance, l'économie et l'ingénierie.

---

## ÉTUDE DE CAS

L'Australian Mathematical Sciences Institute (AMSI) a été créé en réponse à un besoin de renforcer la collaboration et la concertation dans la promotion et la démocratisation des mathématiques et des sciences au sein de la société australienne. La mission de l'AMSI se résume à l'amélioration draconienne des aptitudes et des compétences en sciences mathématiques de la communauté australienne, notamment par le soutien à l'éducation mathématique de haut niveau chez les jeunes, par la croissance du nombre d'étudiants dotés d'une excellente maîtrise du langage mathématique au niveau postsecondaire, par l'appui à la recherche en sciences mathématiques et par l'amélioration de l'expérience des étudiants en mathématiques au niveau universitaire.

L'AMSI agit sur trois plans : la recherche et l'enseignement supérieur, l'éducation scolaire et la collaboration avec le secteur industriel. Parmi les nombreux programmes développés par l'Institut depuis sa création, citons Choose Maths, un programme national doté d'un financement de 22 millions de dollars sur cinq ans accordé par la fondation BHP Billiton. Choose Maths vise à modifier la perception qu'a la population des carrières en mathématiques et en sciences chez les femmes. Pour y arriver, le programme prévoit développer l'enseignement des mathématiques dans 120 écoles australiennes et ajouter des ressources dans l'ensemble de ces établissements, mettre en place une campagne nationale de promotion des carrières en sciences mathématiques, créer un réseau de « femmes inspirantes en mathématiques » et remettre des récompenses annuelles de la fondation BHP Billiton pour l'excellence dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

The background is a solid orange color with a complex, abstract pattern of thin, light-colored lines. These lines form a grid-like structure with various geometric shapes, including triangles and rectangles. In the lower center, there is a prominent wireframe dome or geodesic dome structure. Above it, there are several concentric, curved lines that resemble a stylized rainbow or a series of arcs. The overall effect is a high-tech, digital, or architectural aesthetic.

## Orientation stratégique n° 3

Accélérer le développement et  
l'adoption de solutions  
d'IA par l'ensemble du tissu  
économique québécois

## Avant-propos

Le Québec a actuellement la possibilité de créer certaines des entreprises qui marqueront l'avenir du secteur de l'IA, mais de nombreuses barrières entravent le lancement de *startups* capables de prendre une expansion rapide ou la transformation réussie, à l'aide de l'IA, des produits et des services de PME informatiques plus « conventionnelles ». Par exemple, l'écosystème actuel de soutien à la commercialisation ne permet pas aux jeunes pousses québécoises de mettre efficacement en marché leurs produits en IA auprès des entreprises québécoises.

De même, de nombreux obstacles empêchent présentement une grande partie des entreprises québécoises actives dans les secteurs primaire, secondaire et tertiaire de tirer profit des innovations qui voient le jour dans le domaine de l'IA. Par exemple, beaucoup de sociétés ne comprennent pas bien les effets potentiels de l'IA sur leurs activités et sur leurs processus, et ont de la difficulté à définir leurs propres besoins. Le défi est encore plus grand pour les PME qui n'ont pas facilement accès aux ressources académiques et aux services de firmes de consultants capables de les aider à comprendre la puissance de l'IA et à faire des choix technologiques cohérents.

Nous décrivons plus bas trois recommandations visant à faciliter à la fois la mise en marché et l'adoption des applications d'IA à travers le tissu industriel québécois.

Voir  
recommandation 12

Enfin, l'écosystème est complexe et en mouvement ; il est difficile, pour les entreprises, d'y naviguer et de trouver des partenaires adéquats. Faciliter la mise en relation des acteurs – chercheurs, concepteurs, utilisateurs, conseillers d'affaires – est un point critique qui sera couvert dans la cinquième orientation stratégique de ce rapport.

Vitrine  
commune

### > Recommandation n° 6 : Soutenir les entreprises québécoises conceptrices de solutions d'IA, notamment les *startups*, pour qu'elles se développent, croissent et demeurent au Québec

#### CONSTATS

Dans l'environnement technologique actuel, la clé du succès économique est de s'assurer que de nouvelles entreprises remplaceront celles qui sont appelées à disparaître et que les « gagnants » auront au Québec les conditions favorisant leur croissance.

Il est essentiel que le Québec crée et retienne la valeur économique générée par les nouvelles technologies pour compenser les pertes d'emplois associées aux gains de productivité offerts par ces nouvelles technologies, tout en attirant les investissements étrangers.

L'écosystème actuel des créateurs d'applications en IA comprend un certain nombre de *startups* prometteuses qui ont obtenu du financement localement et internationalement. Il suffit de penser aux entreprises québécoises comme Element AI et Hopper, qui ont amassé respectivement 102 et 82 millions de dollars américains lors de leur dernière ronde de financement. L'écosystème québécois (et plus spécifiquement celui de Montréal) en capital de risque, en particulier, se porte bien. En 2017, les entreprises montréalaises, tous secteurs confondus, ont réuni environ 800 millions de dollars américains dans le cadre de 63 transactions, devançant Toronto (779 M\$). Finalement, on observe la création de fonds de démarrage et d'incubateurs privilégiant les *startups* en IA. Citons, à titre d'exemple, deux

organismes accompagnateurs soutenus financièrement, à hauteur de 10 millions de dollars, par le gouvernement du Québec dans son *Plan économique 2018* : le Creation Destruction Lab (CDL) et NextAI. Le CDL de Montréal souhaite accompagner neuf cohortes d'environ 25 *startups* en IA au cours des trois prochaines années. NextAI est pour sa part un programme de 225 heures de formation qui permet aux étudiants, aux professionnels et aux entrepreneurs de développer et de concrétiser des idées reposant sur le recours à l'intelligence artificielle.

En ce qui a trait au manque de financement dans les phases de croissance au Canada, relevé par le Conseil consultatif en matière de croissance économique, il semble en voie de se combler. Des initiatives telles que l'Initiative de catalyse du capital de risque (ICCR) et le Fonds canadien pour l'expansion des entreprises (mieux connu sous l'acronyme anglais *BGF*), dont une partie des fonds sera investie au Québec, tentent précisément de répondre à ce besoin. On s'attend à ce que ces deux fonds injectent plus d'un milliard de dollars à l'échelle nationale (sur une période de cinq à dix ans). De plus, des fonds d'investissement dédiés au capital de croissance de sociétés technologiques sont en voie d'être annoncés, notamment le fonds Norda Capital.

Cependant, il y a encore des défis majeurs à surmonter :

- 1) L'accès aux données : le développement applicatif en IA requiert des quantités massives de données exploitables. Aujourd'hui, les plus grandes masses de données sont détenues par les grandes entreprises et le gouvernement. Pourtant, c'est là l'intrant primordial – la matière première – de la nouvelle économie qui se dessine. L'absence d'accès à ces bases de données pour les entreprises conceptrices d'IA est un facteur qui limite le développement de leurs activités commerciales.
- 2) L'accès aux infrastructures de calcul : l'usage d'une puissance de calcul considérable est également nécessaire au développement applicatif en IA. En outre, si le Québec possède des infrastructures de calcul importantes, comme Calcul Québec, celles-ci sont aujourd'hui principalement au service de la recherche universitaire et l'accès est plus incertain pour les *startups* (cette question sera abordée plus loin, à la recommandation n° 10).
- 3) Le manque de talents : comme c'est le cas pour les autres acteurs de l'écosystème (universités, centres de recherche, etc.), l'accès au talent est présentement un défi de taille pour les *startups*. La difficulté supplémentaire pour les entrepreneurs est la nécessité de trouver du talent dans les fonctions de vente et de marketing ; ces rôles exigent à la fois une connaissance de base de l'IA et une connaissance approfondie de la base de clients potentiels.
- 4) L'absence de marché local : les *startups* locales doivent souvent chercher des clients à l'international, faute de « premiers clients » d'envergure au Québec, c'est-à-dire des organisations d'ancrage ayant l'intérêt, les moyens et la maturité nécessaires pour travailler avec les *startups* d'ici.

## APPROCHE SUGGÉRÉE

*Volet n° 1 : Assurer aux entreprises conceptrices d'IA un accès à des bases de données exploitables provenant du milieu public et privé*

Les centres de recherche, les jeunes pousses et les PME du Québec auront besoin de grandes quantités de données pour produire les outils en IA qui permettront de développer l'économie québécoise.

La question des données en IA est en effet déterminante, puisque le développement applicatif dans ce domaine requiert des quantités massives de données exploitables. Comme l'a souligné un financier chinois, en IA, « plus vous avez de données, meilleur est votre produit; meilleur est votre produit, plus

vous pouvez collecter de données; plus vous collectez de données, plus vous pouvez attirer le talent; plus vous pourrez attirer le talent, meilleur sera votre produit. C'est un cercle vertueux [...] <sup>38</sup> ».

Malheureusement, ce matériau indispensable est souvent très difficile d'accès. Ainsi, peu de pays comptent de grandes entreprises qui, comme Google, Amazon, Facebook ou Baidu (le Google chinois), ont accès, grâce à leurs centaines de millions de clients-utilisateurs, à des quantités quasi infinies de données. En outre, les jeunes pousses et les PME actives en IA profiteraient grandement de l'ouverture des données détenues collectivement par les entreprises de secteurs comme le transport ou l'assurance, mais de crainte d'affaiblir leur avantage concurrentiel, ces dernières rechignent généralement à mettre leurs données en commun et craignent souvent de les partager avec des tiers.

Les entreprises en IA du monde entier ont aussi, souvent, de la difficulté à accéder aux données des gouvernements nationaux ou sous-nationaux, qui comptent parmi les organisations les plus « riches » en cette matière. Les organismes gouvernementaux souhaiteraient parfois mettre les données relatives au public à la disposition d'entreprises comme celles du secteur de l'IA, pour que celles-ci développent des produits et services susceptibles de rapporter à l'ensemble de la société, mais cela ne peut évidemment se faire sans que les droits et les souhaits des citoyens soient pris en compte adéquatement. La santé publique britannique et Google Deep Mind l'ont appris à leurs dépens après avoir partagé les dossiers de 1,6 million de patients à l'insu de ces derniers <sup>39</sup>.

Au final, la rareté relative des données dont disposent les jeunes pousses et les PME québécoises pourrait donc nuire à leur compétitivité internationale et à leur capacité à soutenir le développement de l'économie québécoise.

Il existe des façons de contourner cet obstacle majeur. Ainsi, des pays comme la Grande-Bretagne (voir l'étude de cas ci-dessous) ont envisagé de créer des fiducies de données – en anglais, des *data trusts* – pour assurer une meilleure diffusion et une meilleure exploitation des données détenues par les entreprises. En gros, ces pays envisagent de soutenir :

- La mutualisation des données détenues par un ensemble particulier d'organisations (p. ex., les entreprises et les organismes actifs dans un secteur d'activité quelconque comme la santé) sur leurs activités, leurs « clients » (qu'il s'agisse de citoyens, de patients ou de consommateurs) ou autres ;
- La gestion et la circulation de ces données dans le respect de certaines conditions (p. ex., leur anonymisation préalable et leur utilisation exclusive pour l'entraînement de nouveaux modèles), lesquelles seraient non seulement établies par les organisations participantes, mais également par les personnes auxquelles se rapportent ces données (p. ex., l'utilisateur du transport en commun ou d'un service de taxi, le patient d'un hôpital ou d'une clinique).

Les fiducies devraient posséder les ressources nécessaires à la gestion et à l'utilisation efficaces des données placées sous leur responsabilité, ainsi qu'à la protection des intérêts de toutes les parties concernées par la mutualisation de ces données (p. ex., ceux des établissements de santé, des patients, des chercheurs et des entreprises en IA).

---

<sup>38</sup> Voir <https://www.nytimes.com/2017/06/24/opinion/sunday/artificial-intelligence-economic-inequality.html>.

<sup>39</sup> Voir <https://www.courrierinternational.com/article/royaume-uni-google-acces-aux-dossiers-medicaux-de-16-million-de-patients>.



## ÉTUDE DE CAS

Dans le rapport britannique *Growing the Artificial Intelligence Industry in UK*, une place importante est faite à l'enjeu de l'accessibilité des données. Les trois recommandations sur ce point sont les suivantes :

- Développer des *data trusts*, ces banques de données sécurisées, afin de faciliter l'échange de données sensibles tout en assurant la confiance dans le processus de partage de données ;
- Produire un plus grand nombre de données issues d'activités de recherche et traitables par les machines ;
- Promouvoir le forage de données (*data mining*) dans tous les secteurs industriels, afin d'encourager la valorisation des données en entreprise.

Le concept de « data trust » est celui qui comporte le plus grand potentiel d'exploitation. Il consiste dans le partage sécurisé de données entre plusieurs parties. Aujourd'hui, ces accords de partage se font de manière *ad hoc* et les organisations ne savent pas toujours comment s'y prendre pour échanger des données sensibles. Le rapport britannique recommandait donc au gouvernement et aux entreprises de former une entité, la Data Trust Support Organisation, qui aurait notamment comme rôle d'établir les meilleures pratiques de partage de données et de fournir à l'ensemble des organisations, publiques et privées, un mode d'emploi garantissant un processus sûr (gabarits, mécanisme de transfert de données sécurisées, etc.).

Tous les pays envisagent aussi dans leur stratégie IA de mieux se servir du formidable élément d'actif que représente l'État pour favoriser l'accès des entreprises aux données requises pour concevoir des applications performantes. Comme nous l'avons mentionné précédemment, la Finlande fait de l'ouverture et de l'utilisation des données recueillies par les ministères et les organismes finlandais une priorité.

Actuellement, les données recueillies par le gouvernement du Québec et les municipalités québécoises sont souvent très difficiles d'accès. Ainsi, une étude du CEFRIO menée en 2016 par des chercheurs de l'École nationale d'administration publique (ENAP) montre que « malgré l'engouement qu'elles suscitent depuis quelques années à l'échelle internationale, les données ouvertes demeurent, dans une large mesure, un phénomène en émergence au Québec <sup>40</sup> ». En effet, au moment de l'enquête du centre de liaison et de transfert, seulement 17 % des municipalités avaient déjà libéré des données, contre 60 % des ministères et 28 % des organismes du gouvernement du Québec.

Ces pourcentages cachent toutefois des faits importants. D'abord, au cours des 12 mois précédant l'enquête du CEFRIO, aucun des ministères du Québec n'avait libéré plus de cinq jeux de données et seulement 10 % des organismes l'avaient fait <sup>41</sup>. Ensuite, du côté des organisations gouvernementales qui n'avaient pas libéré de données, très peu avaient l'intention de le faire dans les 12 mois suivant l'étude. En outre, plusieurs des systèmes informatiques gouvernementaux ne permettent pas un « accès machine » ou accès automatique aux données des ministères et des organismes, et peu de celles-ci (moins de 15 % du total) sont mises à jour de façon automatique, deux caractéristiques qui les rendent

<sup>40</sup> Voir <https://cefrio.qc.ca/media/uploader/RAPPORTNETGOUVDONNESOUVERTES-Final.pdf>.

<sup>41</sup> *Ibid.*



moins attrayantes et moins utiles pour les entreprises et les chercheurs qui travaillent dans le secteur de l'IA.

Selon l'enquête, les ministères et les organismes gouvernementaux québécois invoquent le manque de données ouvertes de qualité ou pertinentes pour expliquer pourquoi ils n'ont pas encore libéré de données. Dans certains cas (celui des ministères, surtout), le problème serait celui de la trop grande sensibilité des données. « Nous observons, notent les chercheurs de l'ENAP, que l'évaluation de la valeur et de la pertinence d'une donnée ouverte n'est pas toujours aussi forte du côté de son détenteur initial que de l'utilisateur éventuel <sup>42</sup> ».

Il semble aussi, rapportent les auteurs du rapport québécois, que la libération des données gouvernementales ne fait pas encore partie des priorités de l'ensemble des ministères, des organismes et des municipalités ». Cela se reflète dans les investissements et les efforts réalisés en matière de données ouvertes. Ainsi, dans les 12 mois précédant l'enquête, 58 % des ministères et 83 % des organismes avaient investi moins de 25 000 \$ (hors les coûts des ressources humaines) dans le projet des données ouvertes. Et en moyenne, les investissements annuels des ministères et des organismes en matière de données ouvertes étaient inférieurs à 50 jours-personnes.

En conclusion, les données sont l'intrant primordial – la « matière première » – de la nouvelle économie qui se dessine. L'absence d'accès à des bases de données de qualité par les entreprises québécoises conceptrices d'IA pourrait être un facteur qui limite le développement de leurs activités commerciales. Le gouvernement aura son rôle à jouer dans la mise en place d'un terreau fertile pour les entreprises qui évoluent dans le domaine de l'IA.

On peut saluer le développement d'initiatives pouvant relâcher certaines entraves, comme la création d'un comité de travail qui, sous la coordination du ministère des Finances, s'est penché sur le processus général d'accès à certaines banques de données à des fins de recherche. Il faudra cependant aller plus loin dans les années à venir pour soutenir le développement du secteur de l'IA.

Nous proposons donc deux pistes d'action majeures pour accroître considérablement l'accès aux données des acteurs québécois de l'IA :

- 1) D'abord, **nous recommandons que le gouvernement participe à la création d'un bassin de données anonymisées dans des secteurs déterminés, tels que la santé ou le transport, en collaboration avec les grandes entreprises et les autres détenteurs de données, comme les municipalités.** L'accès à ces bases de données pourrait être accordé aux *startups* en IA et aux chercheurs de l'écosystème, ce qui profiterait en retour aux grandes entreprises et au gouvernement, qui pourront améliorer leurs produits et services grâce aux applications développées (voir ci-dessus l'étude de cas du Royaume-Uni sur les *data trusts*).

La gouvernance de ces fiducies de données sera un enjeu prioritaire auquel il faudra répondre durant la phase de planification. Il est impératif de s'interroger sur la souveraineté de nos données et sur la responsabilité du gouvernement du Québec de les rendre accessibles et de les déployer en vue d'accroître le bien-être collectif. Avant de mettre en œuvre le concept de fiducies de données à grande échelle, il sera donc important d'en étudier les tenants et les aboutissants, puis d'en valider l'application dans un secteur industriel ou deux. Ces tâches pourraient être confiées conjointement à IA.Québec et à l'observatoire sur l'IA responsable et les impacts de l'IA (voir les recommandations n<sup>os</sup> 9 et 11).

---

<sup>42</sup> Voir <https://cefrio.qc.ca/media/uploader/RAPPORTNETGOUVDONNESOUVERTES-Final.pdf>.

- 2) **Nous recommandons ensuite que le gouvernement du Québec fasse de l'ouverture des données amassées par l'ensemble des organismes des secteurs public et parapublic une véritable priorité de développement économique.** En particulier, le gouvernement devrait veiller :
- a) à court terme, à des fins de partage et d'utilisation, à renforcer les politiques québécoises portant sur l'ouverture des données s'appliquant à l'ensemble des ministères. Le modèle élaboré par la SOQUIJ (voir l'étude de cas présentée à la recommandation n° 8) pourrait servir de base à ce travail de renforcement, puisqu'il reflète les réalités d'une organisation qui relève d'un ministère québécois et qui souhaite innover en utilisant l'IA ;
  - b) à plus long terme, à moderniser la *Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels*. Il s'agit non seulement de permettre l'adoption de l'IA au sein du gouvernement, mais aussi de donner à l'écosystème l'opportunité de valoriser des données publiques anonymisées dans leur propre développement applicatif. Le Québec possède notamment des bases de données riches dans le secteur de la santé, dont l'ouverture doit nécessiter une réflexion prioritaire. Évidemment, un mécanisme rigoureux mais agile devra être mis en place afin d'éviter les dérapages et les fuites d'informations sensibles (voir l'orientation stratégique n° 4).

## La double mission du gouvernement...

Le gouvernement, un acteur économique et social important du Québec, doit se doter de pratiques exemplaires et audacieuses dans sa capacité à désenclaver ses données pour favoriser leur meilleure utilisation au profit de la collectivité québécoise, ce qui sera bénéfique pour le développement de nouvelles applications d'IA par et pour le Québec. Cet accès aux données ne constitue en aucun cas une déresponsabilisation de l'État québécois à l'égard de la nécessité de protéger la vie privée. Toutefois, cette responsabilité devra maintenant être équilibrée par celle de déployer et de valoriser les données pour le bien commun.

### Volet n° 2 : Développer un marché de premiers clients pour les startups de l'écosystème en subventionnant les projets d'intelligence artificielle des entreprises québécoises

Afin d'encourager les entreprises québécoises à faire affaire avec les *startups* conceptrices de solutions en IA, nous recommandons que le gouvernement du Québec mette en place une enveloppe budgétaire, avec une approche similaire à celle du programme *SMEs Go Digital* de Singapour et aux Innovation Vouchers du gouvernement finlandais<sup>43</sup>, tout en respectant les accords commerciaux du Québec. Cette aide gouvernementale permettrait de soutenir les entreprises conceptrices de solutions en IA, notamment les *startups*, tout en faisant la promotion du virage numérique auprès des entreprises du tissu industriel québécois qui œuvrent dans des secteurs plus traditionnels. Pour les projets de plus grande envergure – par exemple, dont les coûts sont supérieurs à



Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$

<sup>43</sup> Voir <https://www.businessfinland.fi/en/for-finnish-customers/services/funding/sme/innovation-voucher/>.

500 000 \$ – qui impliquent des *startups* d’ici, les dépenses liées aux projets pourraient être admissibles aux crédits d’impôt en R-D, ce qui créerait un important incitatif pour les entreprises qui ont un siège social au Québec et une taille minimale (à déterminer lors de la conception détaillée du programme). De telles initiatives pourraient en outre convaincre des entrepreneurs de venir s’installer au Québec. Certains crédits d’impôt déjà disponibles, par exemple, ceux qui subventionnent la recherche précompétitive en partenariat privé ou l’intégration des TI dans les PME, s’inscrivent dans cette lignée.

Concrètement, un programme de subventions visant à promouvoir le virage en IA se déclinerait sous la forme suivante :

- D’abord, le gouvernement accorderait pour ce programme une enveloppe budgétaire qui pourrait être gérée par un OBNL apte à faciliter le maillage entre entreprises (p. ex., Prompt). Cette enveloppe pourrait se traduire par une bonification des crédits d’impôt existants ;
- Ensuite, l’OBNL agirait à titre de facilitateur dans le maillage industriel, afin d’aider les entreprises à identifier les meilleurs partenaires pour répondre à leurs besoins. La liste de toutes les entreprises conceptrices de solutions en IA pourrait être consultée sur le site du programme gouvernemental, mais aussi sur la vitrine IA.Québec, à des fins de transparence. L’OBNL offrirait également des services de montage financier respectant les critères des programmes gouvernementaux de crédits d’impôt ;
- Les « clients de l’IA » désireux de se moderniser ou d’améliorer leurs produits et services auraient ainsi l’occasion d’entrer directement en contact avec ces entreprises afin d’évaluer leurs besoins, sachant qu’une partie des coûts du projet seraient couverts par un crédit d’impôt.

Au fédéral, on recommande la bonification du Programme d’aide à la recherche industrielle (PARI), géré par le Conseil national de recherches Canada (CNRC), afin d’augmenter le nombre de projets liés à l’IA. Par l’entremise de ce programme, le CNRC favorise le développement, l’adoption et l’adaptation de technologies par les PME au Canada. Le PARI est doté d’équipes de conseillers en technologie industrielle (CTI) qui évaluent les besoins des PME. Cette branche de service-conseil et de diagnostic auprès des PME devra être en lien étroit avec les institutions telles que le MILA – Institut québécois d’intelligence artificielle et IVADO.

### *Volet n° 3 : Faciliter l’accès aux contrats publics pour les entreprises innovantes dans le domaine du numérique, et plus particulièrement de l’IA*

Positionner le gouvernement ou une entreprise du secteur public ou parapublic comme champion ou utilisateur-modèle aurait un effet catalyseur sur l’écosystème québécois en IA. Pour cela, **nous sommes d’avis qu’il serait important que le gouvernement continue d’améliorer son mode d’approvisionnement stratégique (suivant la recommandation n° 6 du CCEI), afin de faciliter l’accès de fournisseurs de service innovants aux contrats publics.**

Il semble clair que, contrairement à ce que l’on entend parfois, le cadre normatif actuel ne comporte pas de politique du « plus bas soumissionnaire » et que les organismes publics québécois choisissent le mode d’adjudication le mieux approprié à leurs besoins. De plus, au cours des dernières années, ce cadre a été bonifié, pour permettre aux organismes publics de recourir, en matière de numérique, à des approches ou à des outils nouveaux (p. ex. : recours à l’infonuagique, prise en compte du coût total d’acquisition, instauration de procédures de dialogue compétitif) qui leur donnent une flexibilité accrue en matière d’approvisionnement. On peut aussi mentionner que le gouvernement du Québec a récemment mis en place des mesures qui favorisent le développement des entreprises en technologies et l’intégration des

innovations dans les processus d'acquisition des ministères et des organismes (p. ex. : le Passeport Entreprises, *la Stratégie gouvernementale en technologie de l'information*, la vitrine technologique inversée). Il est aussi positif que, comme le proposait le rapport de 2017 du Comité de travail sur l'entrepreneuriat des jeunes entreprises, le gouvernement du Québec ait pris la décision de créer un nouveau bureau d'accompagnement des marchés publics avec lequel les parties prenantes de l'écosystème, notamment le futur organisme chargé de coordonner les activités de ce dernier, devront chercher à s'arrimer étroitement.

Cependant, le gouvernement du Québec devrait continuer d'explorer de nouvelles avenues pour aider les ministères et les organismes à obtenir des *startups* et des PME actives dans les secteurs émergents de l'univers numérique – comme le secteur de l'IA – le soutien dont ils ont besoin pour relever les défis souvent complexes auxquels ils sont confrontés et pour lesquels il n'existe pas nécessairement une solution unique et toute faite. Le gouvernement devrait en particulier étudier le bien-fondé d'adapter au Québec le programme américain Small Business Innovation Research (SBIR) ou l'initiative fédérale Solutions innovatrices Canada.

Solutions innovatrices Canada est un programme de 100 millions de dollars qui a comme objectif de stimuler l'expansion et la croissance des innovateurs et des entrepreneurs canadiens en faisant du gouvernement fédéral le premier client des innovations canadiennes. En tout, 20 organismes et ministères fédéraux ont réservé une partie de leur budget pour financer des solutions novatrices créées par les petites entreprises canadiennes. Ce programme fédéral devrait être activement promu auprès des entreprises innovantes du Québec, car il constitue une porte d'entrée dans le secteur public.

*Volet n° 4 : Soutenir le développement des jeunes entreprises conceptrices de solutions d'IA en subventionnant certaines dépenses liées à la commercialisation, plutôt que la R-D uniquement*

Les programmes de subvention existants se doivent d'inclure certaines dépenses liées à la commercialisation, celles-ci étant exclues des crédits d'impôt relatifs à la recherche scientifique et au développement expérimental (R-D). Par exemple, une partie des salaires du personnel clé lié aux efforts de commercialisation pourrait être admissible. Dans un contexte d'exportation, certaines de ces dépenses sont couvertes par les programmes gouvernementaux. Notons, par exemple, le Programme Exportation, où l'embauche d'un spécialiste de l'exportation ou les frais de participation à des salons internationaux sont des dépenses admissibles à de l'aide financière. Ces mesures pourraient être adoptées dans un cadre plus large de développement de marché. **Nous recommandons donc que le gouvernement révise ses programmes de subvention pour inclure certaines dépenses liées à des activités de commercialisation.**

Voir recommandation 12

De manière générale, le gouvernement regorge de programmes de qualité qui s'adressent autant aux entreprises conceptrices de solutions innovantes qu'aux entreprises de tous les secteurs désireuses d'entreprendre un virage numérique. Parmi ces programmes, on trouve, par exemple, l'initiative Audit Industrie 4.0 pour les entreprises manufacturières, la stratégie PerforME et le programme Passeport innovation, qui regroupent plusieurs mesures pour venir en aide aux entreprises québécoises. Cependant, les entreprises ne semblent pas en connaître l'existence, et ces programmes ne sont donc pas utilisés à leur plein potentiel. Afin d'accroître la visibilité de l'ensemble de ces programmes, nous suggérons que ces derniers soient recensés dans une vitrine commune accessible à toutes les entreprises, comme Entreprises Québec<sup>44</sup>.

Vitrine commune

<sup>44</sup> Voir <https://www2.gouv.qc.ca/entreprises/portail/quebec>.

---

## ÉTUDE DE CAS

À Singapour, le gouvernement bonifie ses programmes de financement de projets numériques entrepris par les PME afin de soutenir des besoins de plus en plus sophistiqués, notamment en IA. Ce type de programme serait idéal afin de créer un marché de premiers clients pour nos entreprises conceptrices de solutions en IA, tout en permettant aux entreprises traditionnelles d'effectuer le virage numérique.

Le programme iSPRINT, lancé en 2010, visait à encourager la modernisation des PME en offrant une subvention couvrant jusqu'à 70 % des coûts liés à l'achat et à l'implantation de solutions numériques préapprouvées par le gouvernement, à hauteur d'un montant maximal de un million de dollars par PME. Ces solutions proviennent de *startups* ou d'entreprises de l'écosystème local, ce qui leur offre un marché de premiers clients. Ce maillage entre entreprises privées allège en outre la grande demande des PME auprès des OBNL de transfert technologique.

La nouvelle version de ce programme, lancée en 2017 et nommée « SMEs Go Digital », permet d'élever ces entreprises à un niveau plus avancé de numérisation. Elle ne s'adresse plus uniquement aux entreprises qui en sont à leur premier projet numérique. Les solutions préapprouvées incluent désormais des formes poussées d'analytique avancée, telles que l'IA. Ce programme a déjà permis à plus de 100 PME d'adopter des solutions numériques, générant plus de 2,4 millions de dollars américains pour les fournisseurs locaux préapprouvés par le programme. De surcroît, afin d'aider les entreprises à s'y retrouver dans les notions plus complexes du monde numérique, le gouvernement a mis en place un centre SME Digital Tech Hub, qui vise à offrir des services de consultation et de diagnostic en complément aux SME Centres, points de contact pour les PME singapouriennes. Enfin, ce nouveau programme favorise en priorité les projets de grande envergure dans des secteurs clés de leur industrie ainsi qu'une collaboration des grandes entreprises.

### IA et propriété intellectuelle

Il faudra aussi prêter une forte attention à la question de la propriété intellectuelle pour développer le secteur québécois de l'IA. En effet, une fraction importante des *startups* et des innovations qui verront le jour au cours des prochaines années émergeront en fait de travaux de recherche menés dans les laboratoires des universités ou dans des organisations comme les collèges.

Le transfert de propriété intellectuelle vers le secteur industriel présente toutefois des défis importants. Les auteurs de la stratégie britannique en IA notent, par exemple, que l'essaimage est une pratique que certains établissements de recherche maîtrisent mieux que d'autres (entre autres, tous n'ont pas la capacité de travailler au rythme attendu par les entreprises). Ils ajoutent que d'autres problèmes sont communs à de nombreux acteurs. Ainsi, déterminer ce qui reviendra à chacune des parties concernées par une entente de transfert est généralement un processus complexe et litigieux.

Il sera donc important de veiller à ce qu'il devienne de plus en plus facile pour les entrepreneurs ou les entreprises existantes de faire une exploitation efficace et rapide de la propriété intellectuelle développée

par les chercheurs et les étudiants universitaires et collégiaux du Québec.

Cela signifie notamment que des stratégies et des approches nouvelles pourraient être développées pour rendre les règles de transfert de la propriété intellectuelle détenue par les universités et les collèges plus transparentes et plus uniformes. Il pourrait aussi être intéressant de créer un noyau central d'experts dont le rôle serait d'aider les centres de recherche et les entreprises du Québec, notamment ceux de petite taille, à comprendre les enjeux en matière de propriété intellectuelle et à réaliser des transactions bénéfiques pour les différentes parties.

Pour améliorer l'environnement québécois en matière de propriété intellectuelle, les membres de l'écosystème devront notamment chercher à tirer profit de l'annonce récente, par le gouvernement du Canada, d'une injection de 85,3 millions de dollars sur cinq ans dans la *Stratégie en matière de propriété intellectuelle*, « une stratégie approfondie qui a pour but d'aider les entreprises, les créateurs, les entrepreneurs et les innovateurs canadiens à comprendre ce qu'est la PI, à la protéger et à y accéder<sup>45</sup> ».

## > Recommandation n° 7 : Assurer un soutien adéquat aux futurs utilisateurs de l'IA du secteur privé

### CONSTATS

Contrairement à ce que certains pourraient penser, tirer le maximum de l'IA est difficile, tout comme, de manière générale, il est ardu de tirer pleinement profit des technologies de l'information.

Comme l'écrivent en effet des chercheurs de l'Université de Toronto, « l'IA est une technologie d'usage général qui a le potentiel d'influer sur chaque décision, car les prédictions qu'elle permet de faire sont un élément clé de la prise de décision. Mais, continuent-ils, aucun gestionnaire n'obtiendra de grands gains de productivité en noyant simplement un problème sous l'IA. En fait, l'IA est le genre de technologie qui nécessite une refonte des processus<sup>46</sup> ».

Revoir en profondeur les processus d'une organisation requiert toutefois une expertise particulière et l'intervention de l'ensemble du personnel. « Les spécialistes des données peuvent développer des algorithmes utiles, avance Jeanne Ross, une chercheuse reconnue, mais les experts sectoriels [par ex. les analystes, les gestionnaires de contrat, les vendeurs, les recruteurs de l'entreprise active dans une industrie particulière] sont nécessaires pour aider la machine à construire de bons modèles et à comprendre de nouvelles données ». Pour véritablement transformer l'IA en levier, continue Ross, il faudra améliorer les compétences de ces spécialistes. Il faudra également redéfinir leurs responsabilités, de sorte qu'ils soient habilités et motivés à déployer des outils de l'IA lorsqu'ils croient que cela améliorera les résultats. « En bref, il faudra « réunir toute une équipe de supervedettes intelligentes et orientées vers l'action<sup>1</sup>. »

Beaucoup d'entreprises québécoises auront besoin de soutien pour prendre ce virage. En effet, peu d'entre elles (notamment peu de PME) possèdent actuellement les connaissances requises pour réaliser

<sup>45</sup> Voir <https://www.ic.gc.ca/eic/site/108.nsf/fra/accueil>.

<sup>46</sup> Voir Agrawal, A. et autres, *op. cit.*

l'ensemble des transformations techniques et socio-organisationnelles sur lesquelles reposera leur utilisation efficace de l'IA.

Le soutien – direct et indirect – aux entreprises conceptrices de solutions en IA sera la première étape pour assurer le transfert des technologies développées dans nos pôles de recherche et valoriser les données du Québec. En plus d'être en soi de nouveaux fleurons économiques, ces *startups* aideront les PME et les grandes entreprises d'ici à intégrer l'IA dans leurs processus et leurs modèles d'affaires.

D'autres entreprises se mobilisent aussi actuellement pour soutenir les utilisateurs potentiels de l'IA. Ainsi, les firmes de consultation interviennent de plus en plus dans le secteur de l'IA pour aider leurs clients à se l'approprier. En outre, des dirigeants de sociétés comme Thales Canada évoquent la volonté de mettre en place des communautés de pratique qui permettraient de favoriser les apprentissages entre pairs et, sur un autre plan, de développer des feuilles de route technologiques communes qui serviront à communiquer leurs besoins à l'écosystème local en IA.

Néanmoins, d'autres canaux de transfert technologique devront être considérés afin d'assurer une adoption de l'IA dans l'ensemble du tissu industriel local. Par exemple, IVADO, le MILA et SCALE.AI participeront tous à ce transfert technologique auprès d'entreprises québécoises existantes. En outre, parce qu'il s'agit ici d'une nouvelle technologie, rares sont les PME et les grandes entreprises qui sont aujourd'hui adéquatement informées et équipées pour entreprendre le virage de l'intelligence artificielle.

Il existe au Québec un vaste écosystème d'organismes de transfert technologique subventionnés par le gouvernement qui permettent aux PME et aux grandes entreprises d'accéder aux nouvelles technologies, mais aussi à de l'accompagnement. Ces organismes comprennent, entre autres, les Centres collégiaux de transfert technologique (CCTT), les Regroupements sectoriels de recherche industrielle et les autres membres de la plateforme QuébecInnové. Aujourd'hui, ces organismes n'ont pas nécessairement l'expertise requise pour servir les entreprises dans le domaine de l'IA et n'ont pas globalement la force de frappe nécessaire pour répondre à la demande sur l'ensemble du territoire québécois. En effet, une grande partie des demandes et des questionnements liés à l'IA provenant des entreprises du Québec est acheminée vers les instituts de recherche (par exemple, IVADO ou le MILA), qui n'ont pas la capacité d'y répondre pleinement.

Le modèle québécois de centres de recherche appliquée et de valorisation des innovations est décentralisé. On retrouve, un peu partout à travers la province, des organismes intermédiaires de transfert technologique, mais aucun secteur industriel ne possède de masse critique de chercheurs et d'ingénieurs dédiés à la recherche appliquée. Par exemple, le réseau TransTech, qui regroupe l'ensemble des centres collégiaux de transfert technologique, emploie 1 300 experts répartis dans près de 50 centres. Alors que de multiples organismes jouent aujourd'hui un rôle dans le transfert de technologies transverses telles que les technologies numériques, une réflexion s'impose sur la forme que pourrait prendre un sous-ensemble de ces acteurs dans le futur.

## APPROCHE SUGGÉRÉE

Nous envisageons deux champs d'action pour bonifier l'infrastructure de transfert technologique québécoise : une série d'actions à déployer rapidement et une autre à déployer au cours des deux prochaines années.

*Volet n° 1 : Mise à niveau à court terme des connaissances en IA de certains des acteurs de l'écosystème québécois de liaison et de transfert*

- 1) **Nous recommandons d'abord la mise à niveau des connaissances et des compétences en IA d'un groupe restreint d'acteurs de soutien qui offrent déjà des services d'accompagnement aux entreprises et qui sont idéalement positionnés comme « porte d'entrée » pour elles.** Pour ce faire, il faut



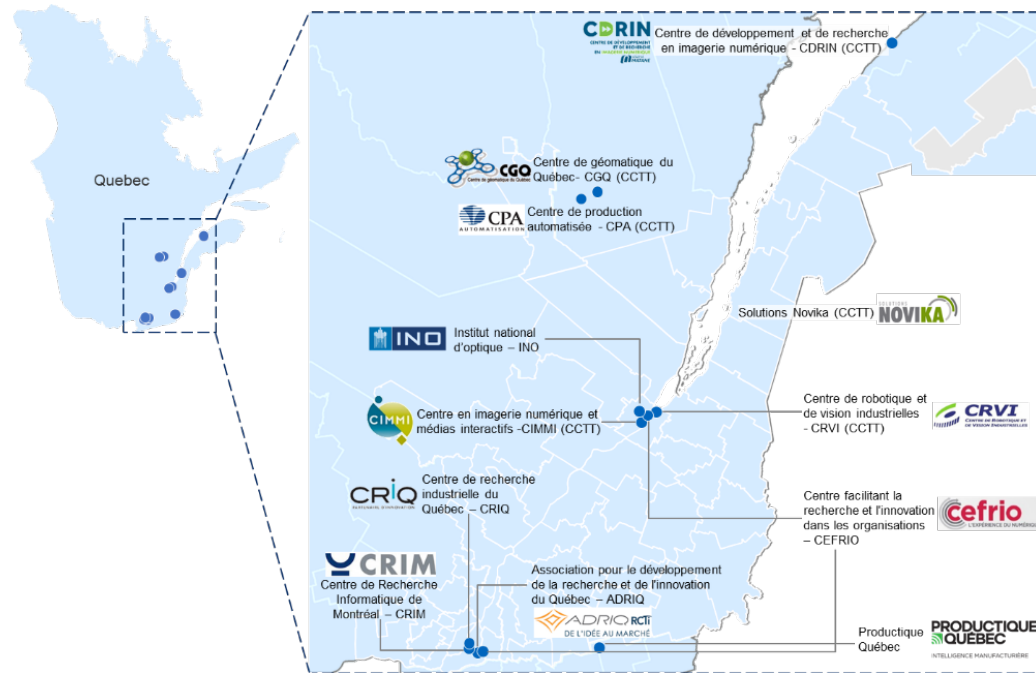
Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$

d'abord sélectionner, parmi les quelque 70 existants, une dizaine d'organismes « champions » qui dédieront une partie de leurs ressources au transfert technologique en IA et en science des données. Les formations seraient données par les établissements d'enseignement universitaires (c'est-à-dire le MILA, IVADO et les universités), selon une approche de type « former le formateur (*train the trainer*)». À la suite de l'analyse de balisage de l'écosystème, une dizaine d'organismes apparaissent comme des candidats naturels : les centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT) suivants : Solutions Novika , le Centre de robotique et de vision industrielles (CRVI), le Centre de développement et de recherche en imagerie numérique (CDRIN), le Centre en imagerie numérique et médias interactifs (CIMMI) , le Centre de géomatique du Québec (CGQ) et le Centre de production automatisée (CPA), ainsi que le Centre facilitant la recherche et l'innovation dans les organisations (CEFRIQ), le Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM), l'Association pour le développement de la recherche et de l'innovation du Québec (ADRIQ), le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ), Productique Québec et l'Institut national d'optique (INO). Ces organisations sont mentionnées dans la figure 5.

- 2) **De plus, il est important que le gouvernement appuie ces organismes intermédiaires dans la mise en place d'équipes de services-conseils qui soient en mesure d'évaluer le niveau de maturité ou de préparation d'une entreprise en ce qui a trait à l'adoption de l'IA et de ses applications connexes, d'identifier les cas d'utilisation les plus prometteurs et d'aider ces entreprises à s'orienter dans l'écosystème afin de sélectionner les meilleurs partenaires pour leurs besoins.** Dans cette optique, un canal de communications entre ces organismes et les établissements d'enseignement est souhaitable, afin de maintenir une proximité avec les plus récents développements technologiques. La plateforme QuébecInnove et l'initiative Audit Industrie 4.0 pourraient servir de lien entre les divers organismes.



Figure 5 – Répartition géographique d'organismes de transfert technologique naturellement positionnés pour être formés à l'IA



**Volet n° 2 : Création d'un important programme d'accompagnement qui permettra à plusieurs centaines d'entreprises de mener un projet en IA**

Certains des acteurs dans le domaine du transfert technologique œuvrent dans des secteurs d'activité précis et entretiennent des relations privilégiées avec les grappes industrielles et le tissu d'entreprises qui les composent. Une fois que les connaissances en IA de leur personnel auront été mises à niveau, ces acteurs auront la capacité de participer à la mise en œuvre de programmes visant à accompagner ces grappes et ces organisations dans leur virage IA.



Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$

**Pour aider les PME à prendre le virage IA, nous recommandons de créer un important programme d'accompagnement qui permettra à plusieurs centaines d'entre elles de mener un projet en IA avec le soutien des organismes de liaison et de transfert et celui des représentants des principales grappes industrielles du Québec<sup>47</sup>.**

Le programme d'accompagnement en IA pourrait ressembler à des programmes gouvernementaux passés, comme PME 2.0, que différents partenaires ont pilotés dans les années 2010 pour aider les

<sup>47</sup> Le virage IA contribue à la valorisation des données dans les entreprises et représente une suite logique aux programmes déjà entamés dans le cadre du *Plan d'action en économie numérique* et de la *Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation*. Les entreprises qui ont une maturité numérique élevée auront la capacité de valoriser leurs données par des méthodes tirées de l'IA afin d'améliorer leur productivité et leur niveau de compétitivité. Ainsi, les entreprises qui ont participé aux programmes gouvernementaux existants pour l'adoption du numérique pourraient, à terme, bénéficier des programmes recommandés dans ce rapport pour l'adoption de l'IA.

entreprises québécoises de l'aérospatiale, de la mode et de la vente au détail à s'approprier les technologies de l'information et de la communication <sup>48</sup>.

Dans un premier temps, des appels de candidatures ouverts à tous les organismes du transfert technologique et du transfert de connaissances sur l'utilisation des technologies seraient lancés pour choisir les « champions » qui seraient chargés d'accompagner les entreprises dans le cadre de ce programme. Les fonds débloqués par le gouvernement dans le cadre de cette initiative serviraient ensuite :

- à réaliser un diagnostic dans les principales grappes industrielles du Québec pour déterminer comment les entreprises qui y sont actives pourraient recourir à l'IA pour créer de nouveaux modèles d'affaires, lancer des produits ou des services novateurs, ou accroître leur productivité, devenant ainsi plus concurrentielles ;
- à établir quelles grappes industrielles devraient faire l'objet d'une intervention prioritaire, en raison, particulièrement, du potentiel que l'IA pourrait y avoir ;
- à fournir un accompagnement personnalisé à certaines des entreprises de ces grappes (soit 10 à 15 PME capables et désireuses, dans chaque grappe, d'entreprendre un projet en IA et d'y investir une partie de leurs ressources), de manière à ce que celles-ci puissent s'approprier l'IA de manière efficace ;
- à codifier les savoirs et les savoir-faire développés par les PME ci-dessus et à les transmettre, par le truchement d'outils et d'activités de transfert, à l'ensemble des entreprises des grappes sélectionnées.

Ce programme d'accompagnement pourrait en outre comporter un volet pour aider les entreprises existantes de la grappe des technologies de l'information (telles, par exemple, les PME membres de l'Association québécoise des technologies ou AQT) à acquérir les connaissances techniques de pointe en IA qui leur permettront de bonifier leur offre actuelle de produits ou de services, par exemple, en injectant davantage d'intelligence dans un logiciel de gestion de la relation client (ou *CRM*), un outil de gestion documentaire ou une application de gestion des stocks.

## Un programme d'accompagnement complémentaire à d'autres actions gouvernementales

Le programme d'accompagnement présenté ci-dessus cadrerait parfaitement avec l'un des objectifs de la *Stratégie numérique du Québec*, qui consiste à « faire du numérique le moteur de croissance des

<sup>48</sup> De 2012 à 2015, le CEFRIO a reçu du MESI le mandat de mettre en œuvre le programme PME 2.0, c'est-à-dire d'accompagner 30 PME issues des secteurs de l'aérospatiale et de la mode et du vêtement dans leur virage vers le numérique. Ces entreprises ont reçu le soutien de partenaires sectoriels, de chercheurs universitaires et d'experts des technologies, et ont investi elles-mêmes quelque 10 millions de dollars, pour : réaliser un diagnostic de leur niveau d'avancement numérique; planifier leur stratégie numérique; mettre en œuvre des projets d'adoption de technologies, comme des progiciels de gestion intégrée (ERP); et assurer l'acceptation et l'appropriation efficace, par leur personnel, des outils qu'elles ont implantés. Le CEFRIO et ses partenaires (p. ex., Aéro Montréal) ont ensuite diffusé largement les connaissances acquises dans le cadre de ces 30 expériences, par le truchement du portail [www.pmenumerique.ca](http://www.pmenumerique.ca) et d'autres activités de transfert. La popularité de ce programme a incité le MESI à soutenir une deuxième édition de PME 2.0, qui prendra fin en 2018. Ce nouveau volet vise à soutenir le passage vers le numérique des entreprises de détail, des sociétés manufacturières et des acteurs de l'économie sociale. Pour plus de renseignements, voir <https://cefrio.qc.ca/projets-recherches-enquetes/numerique-entreprise/pme-20/>.

entreprises et un levier puissant de développement industriel, notamment par d'importants investissements dans l'industrie 4.0 et le renforcement d'écosystèmes permettant des interactions profitables entre l'offre du secteur numérique et la demande des autres secteurs économiques<sup>49</sup> ». Le *Plan économique 2018* du gouvernement du Québec concrétise cette volonté à divers égards. Ces deux prochaines années, le gouvernement investira par exemple 60 millions de dollars pour lancer un appel de propositions qui permettra aux entreprises de différents secteurs industriels de soumettre des projets d'envergure pour, entre autres, commercialiser de nouveaux produits, procédés et services ; relever des défis communs ; et tester de nouveaux modèles d'affaires. Même s'il ne porte pas sur le recours à des solutions particulières, ce nouveau programme pourra rapporter aux PME québécoises qui voudraient se servir de l'IA pour résoudre les problèmes auxquels elles font face.

Le programme d'accompagnement en IA constituerait en outre un ajout à des programmes existants ou futurs dont les PME québécoises pourront se prévaloir, comme le programme Actions concertées des Fonds de recherche du Québec, les programmes de l'organisme MITACS, le nouveau programme d'Investissement Québec – qui sert à aider les entreprises du secteur secondaire à poursuivre des projets de formation appliquée sur le modèle « industrie études » – et les programmes d'accélération que le CRIQ compte lancer pour mieux appuyer la transformation des entreprises manufacturières en entreprises 4.0.

*Volet n° 3 : Consolidation de plusieurs organismes du transfert technologique en un institut de recherche fondamentale et appliquée fortement ancré dans l'industrie*

Il s'agit de refonder la relation entre les entreprises et les centres de recherche appliquée en s'inspirant de modèles qui ont fait leurs preuves à l'international, comme celui des instituts *Fraunhofer* en Allemagne ou de l'IMEC en Belgique (voir l'étude de cas ci-dessus). Concrètement, il faudrait consolider plusieurs organismes existants et aligner les efforts de l'écosystème en sciences numériques avec ceux des grappes québécoises et des tables sectorielles existantes. Cette consolidation devrait se concentrer sur les activités de recherche appliquée et de transfert technologique. **Pour ce faire, nous recommandons au gouvernement du Québec d'entamer une réflexion sur le *modus operandi* et le financement supplémentaire nécessaire pour mener à bien la refonte de la relation entre les entreprises et les centres de recherche appliquée.** Cette recommandation est directement en lien avec la recommandation n° 11 découlant du CCEI.

---

<sup>49</sup> Voir <https://goo.gl/eay7rA>.

---

## ÉTUDE DE CAS

Situé à Louvain, en Belgique, l’Institut de microélectronique et composants (IMEC) est un institut de recherche spécialisé en microélectronique. Son personnel hautement qualifié compte plus de 3 500 personnes (y compris des chercheurs, mais aussi des ingénieurs de projets). En raison de sa grande popularité auprès des entreprises désireuses de réaliser des projets de recherche fondamentale et appliquée, l’IMEC est autofinancé à hauteur de 80 %. Ses activités principales se divisent en deux branches :

Des solutions de R-D :

- 
- Projets collaboratifs de recherche précompétitive, entre de multiples parties prenantes ;
  - Projets de recherche bilatéraux, entre une entreprise et l’IMEC ;
  - Recherche financée par le gouvernement.
- 

Des services en innovation :

- 
- De l’idée à la conception, l’IMEC offre de nombreux véhicules d’innovation (« Living Labs », programmes d’incubation et d’accélération de *startups*, etc.) ;
  - Services de prototypage et de test pour les projets plus avancés ;
  - Capacité de production et conseils sur la croissance.
- 

Sa proximité avec l’industrie, sa masse critique de chercheurs et ses services en innovation font de l’IMEC un exemple de centre de recherche contribuant fortement à la commercialisation des technologies développées en son sein, comme en témoigne la soixantaine de *startups* issues de l’IMEC depuis sa création.

Bref, avec le temps, l’IMEC est devenu plus qu’un centre de recherche : c’est un réel pôle d’innovation. Dans ses locaux de 24 400 mètres carrés, on trouve des accélérateurs et des incubateurs et des salles de formation, et on y organise de nombreuses conférences annuelles ainsi que des tables rondes technologiques.

## > Recommandation n° 8 : Positionner le gouvernement et les sociétés d’État comme bénéficiaires des technologies de l’IA, en devenant des utilisateurs exemplaires

### CONSTATS

Le gouvernement est le client potentiel parfait pour les applications d’IA, en raison de la grande quantité de données structurées provenant des divers ministères, notamment celui de la Santé. En effet, le gouvernement du Québec est un chef de file en systèmes de gestion centrale de l’information dans le secteur public.

Cependant, le gouvernement doit surmonter certains obstacles s'il veut bénéficier des solutions en IA. Outre les enjeux similaires à ceux des grandes entreprises non technologiques – accès au talent et besoin de sensibilisation –, des enjeux structurels doivent être résolus si le gouvernement veut légitimement se positionner comme utilisateur de solutions IA. Notamment, le CEFRIO, dans son rapport *NetGouv – Données ouvertes*, soulève le faible avancement dans l'évolution du gouvernement ouvert au Québec. En effet, moins de 5 % des ministères avaient libéré plus de dix jeux de données en 2016. Depuis, la situation s'est améliorée, mais l'enjeu demeure. Rappelons que l'accessibilité et le partage des données publiques sont une condition essentielle à l'utilisation de l'IA au sein des ministères.

---

## ÉTUDE DE CAS

La SOQUIJ a mis sur pied une politique relative à la gestion des données dans un contexte de développement de solutions d'information juridique fondées sur l'IA. Cette politique respecte le cadre juridique actuel et propose des mesures de sécurité conformes aux meilleures pratiques de l'industrie (y compris le cryptage et l'hébergement sécurisé des données). Elle apporte la notion d'analyse des avantages et des risques liés à la communication et à l'utilisation des données, et définit des mesures d'atténuation des risques identifiés. Lorsque les avantages liés à l'utilisation des données dans un contexte d'IA sont largement supérieurs aux risques, cette utilisation est autorisée. Des comités éthiques, externes et internes, évaluent les recommandations lorsque les niveaux de risque sont importants. Un tel modèle pourrait être utilisé dans l'ensemble des ministères.

## APPROCHE SUGGÉRÉE

Nous proposons de positionner le gouvernement du Québec comme utilisateur d'IA par diverses actions structurantes, dont :

- 1) **Le positionnement clair, dans la *Stratégie de gouvernement numérique*, quant à l'adoption de solutions IA au sein de l'appareil gouvernemental.** Cette stratégie devrait déboucher sur le développement de compétences à l'interne, à commencer par celles de l'équipe du Sous-secrétariat du dirigeant principal de l'information du Secrétariat du Conseil du trésor. Cette dernière devra ensuite orchestrer un diagnostic dans les cinq à 10 ministères ou agences gouvernementales qui ont les plus grandes masses de données, afin d'identifier des cas d'utilisation commune pouvant générer des bénéfices pour le gouvernement et les citoyens (p. ex., prévention de l'évasion fiscale à Revenu Québec). À la suite de ce diagnostic, le gouvernement devra se donner des objectifs clairs sur un nombre d'enjeux prioritaires.
- 2) **La modernisation de la réglementation entourant l'utilisation des données publiques** (voir, à ce sujet, le volet 1 de la recommandation n° 6).

## Hypothèse d’opérationnalisation d’une stratégie IA au gouvernement

De manière plus tactique, l’opérationnalisation d’une stratégie d’IA au gouvernement pourrait passer par la mise en place d’une escouade en IA et en sciences des données capable de servir de multiples ministères. La mise à niveau des compétences du personnel clé déjà en place pourrait se faire à l’aide de formations offertes par les divers établissements d’enseignement réputés en IA. Nous pensons notamment au Centre de recherche en données massives de l’Université Laval, en raison de sa proximité géographique avec l’équipe du Secrétariat du Conseil du trésor, dont fait partie le dirigeant principal de l’information.

Un leadership fort et expérimenté est également crucial pour le virage technologique. L’administration Obama, par exemple, s’était dotée en 2014 d’une équipe d’anciens cadres de la Silicon Valley, notamment de Google, pour mener les projets les plus innovants du gouvernement. Il serait judicieux que le gouvernement provincial suive cet exemple et attire en son sein des meneurs qui ont une expérience en projets technologiques d’envergure. Sur le plan des données, on recommande l’adoption d’une politique relative à la gestion des données dans un contexte de développement de solutions fondées sur l’IA. À cet égard, le travail réalisé par la SOQUIJ pourrait servir de modèle lors de cette réflexion (voir l’étude de cas sur la SOQUIJ).

## Orientation stratégique n° 4

Développer au Québec un pôle  
d'expertise international sur l'IA  
responsable  
et sur les impacts de l'IA

## > Recommandation n° 9 : Assurer une pérennité aux efforts en cours pour la mobilisation autour de l'IA responsable et se préparer à intégrer les consensus émergents dans les politiques publiques québécoises

### CONSTATS

Comme nous l'avons mentionné au début de ce rapport, le développement des technologies de l'IA et leur mise en œuvre devraient avoir des effets globalement positifs sur nos sociétés. Cela dit, il n'y a aucun doute que la pénétration de plus en plus forte des technologies de l'IA pourrait aussi avoir des effets néfastes – intentionnels ou non – si elle n'est pas bien encadrée.

Certaines personnes, certaines entreprises et certains gouvernements utiliseront sans doute les outils de l'IA – et, comme le montre bien l'exemple récent de Facebook et de Cambridge Analytica, les données nécessaires à leur création<sup>50</sup> – à des fins illégales ou moralement répréhensibles. Certaines technologies, comme les outils de reconnaissance faciale, pourraient servir à surveiller les consommateurs ou les citoyens et recueillir subrepticement de l'information sur leurs préférences sexuelles ou politiques<sup>51</sup>. D'autres seront pour leur part utilisées pour tromper le public, les générateurs automatiques d'images permettant de créer de fausses nouvelles de plus en plus convaincantes<sup>52</sup>.

Dans d'autres cas, l'utilisation que les organisations feront de l'IA leur permettra d'atteindre leurs objectifs en toute légalité, mais aura un impact négatif sur l'ensemble de la société. Par exemple, une enquête récente du *Wall Street Journal* a montré que YouTube aurait tendance, pour maximiser ses revenus publicitaires, à montrer des vidéos « extrêmes » et accrocheurs aux internautes à la recherche de vidéos « grand public » (les personnes à la recherche d'informations sur le discours sur l'état de l'Union du président américain, le vaccin contre la grippe ou le jogging se verraient rapidement présenter des vidéos conspirationnistes, des vidéos propagandistes antivaccin ou des vidéos sur les ultra-marathons)<sup>53</sup>.

Le recours aux technologies de l'IA pourra aussi avoir des effets pervers fortuits, parce que celles-ci codifieront des pratiques néfastes, comme des pratiques discriminatoires. Par exemple, certains des algorithmes utilisés dans le milieu judiciaire américain montrent que les personnes qui ont eu des démêlés précoces avec la police sont plus susceptibles que les autres de commettre un crime après leur libération conditionnelle. Ce type de conclusion entraîne cependant la prolongation injustifiée de l'incarcération de nombreux Afro-Américains, puisque les adolescents américains de race noire sont plus souvent inquiétés par la police sans raison valable que ne le sont les adolescents de race blanche<sup>54</sup>.

Les économies québécoise et mondiale seront aussi touchées de manière très importante par les applications de l'IA. En effet, il ne fait pas de doute que la montée de l'IA entraînera l'élimination ou la transformation d'une partie importante des postes offerts dans de nombreux secteurs d'activité. Par

<sup>50</sup> Voir <https://www.nytimes.com/2018/03/19/technology/facebook-cambridge-analytica-explained.html?action=click&module=Intentional&pgtype=Article>.

<sup>51</sup> Voir <https://www.theguardian.com/technology/2017/sep/07/new-artificial-intelligence-can-tell-whether-youre-gay-or-straight-from-a-photograph>.

<sup>52</sup> Voir <http://www.lefigaro.fr/international/2016/10/04/01003-20161004ARTFIG00094-etats-unis-le-pentagone-a-debourse-des-millions-de-dollars-pour-de-fausses-vidéos-djihadistes.php>.

<sup>53</sup> Voir <https://www.wsj.com/articles/how-youtube-drives-viewers-to-the-internets-darkest-corners-1518020478>. Ce phénomène ne tient pas, souligne une chroniqueuse du *New York Times*, au fait que les ingénieurs de Facebook ont la « volonté de mener le monde à sa perte ». Il est plus plausible, selon elle, que ce résultat ait à voir avec le modèle d'affaires de Google, le propriétaire de YouTube. « L'algorithme de YouTube semble avoir conclu que les gens sont attirés par des contenus plus extrêmes que ceux qu'ils ont cherchés au début de leurs recherches – ou par des contenus généralement incendiaires. »

<sup>54</sup> Voir O'Neil, C. (2017). *Weapons of math destruction – How big data increases inequality and threatens democracy*, Broadway Books.



exemple, l'arrivée d'outils d'analyse et de génération automatiques de textes, de véhicules autonomes ou d'agents conversationnels performants devrait avoir un effet globalement positif sur la productivité des entreprises et des travailleurs, mais pourrait rapidement pousser de nombreux professionnels, techniciens ou ouvriers au chômage – ou forcer ceux-ci à acquérir de nouvelles habiletés pour demeurer employables ou maintenir leur niveau de revenu.

## L'impact de l'IA sur l'environnement

La consommation en électricité de l'ensemble des centres de données de la planète dépassait celle des habitants et des entreprises de la Grande-Bretagne en 2016<sup>55</sup>. La montée de l'IA pourrait provoquer une hausse majeure de cette consommation, parce que l'IA est extrêmement gourmande en données et en puissance computationnelle. Devenir un meneur en matière d'IA responsable signifie donc que le Québec devrait aussi chercher à minimiser l'empreinte environnementale des activités qu'il mène dans ce domaine.

En réponse à ces enjeux, plusieurs des pays qui se sont dotés de stratégies de développement de l'IA ont aussi entamé une réflexion sur les enjeux éthiques, sociaux et humains associés au développement et à l'utilisation de l'IA.

Par exemple, le Conseil d'État de la France a réalisé en 2017 une étude intitulée *Puissance publique et plateformes numériques : accompagner l'ubérisation*, qui se penche spécifiquement sur les effets de l'IA sur la société et l'économie françaises. Aux États-Unis, la *Future of Artificial Intelligence Act of 2017* traite notamment de l'importance de développer l'IA tout en protégeant le droit à la vie privée des citoyens et en créant des outils impartiaux. Passant de la déclaration d'intention à l'opérationnalisation, des acteurs comme AI Now, aux États-Unis, ou le Future of Humanity Institute, en Grande-Bretagne, ont commencé à concevoir des cadres et des méthodologies que les entreprises et les gouvernements pourraient adopter pour encadrer la production des outils de l'IA et l'utilisation qui en est faite.

Plusieurs éléments démontrent un positionnement particulier du Québec à l'égard des enjeux sociaux, éthiques et législatifs de l'IA et, plus globalement, de la science des données.

Dans le domaine de l'apprentissage automatique, il existe un vaste consensus au Québec, au sein des équipes de recherche, sur la nécessité de développer un discours fort pour appuyer le développement éthique de l'IA. Plusieurs chercheurs du domaine se sont personnellement impliqués à cet égard, et des organisations comme IVADO et le MILA participent étroitement à des activités de promotion et de mobilisation des connaissances autour de l'utilisation responsable des données et de l'IA. De plus, il existe au Québec une forte expertise de recherche dans les domaines du droit (tant en matière de *common law* que de droit civil), des politiques publiques et de l'éthique, et les chercheurs qui y sont actifs se sont mobilisés autour des enjeux éthiques et juridiques de l'IA. Finalement, la tradition démocratique et de respect des droits fondamentaux du Québec en fait un terreau fertile pour développer un dialogue citoyen riche autour des enjeux de l'IA et de son impact sociétal.

<sup>55</sup> Voir <http://www.independent.co.uk/environment/global-warming-data-centres-to-consume-three-times-as-much-energy-in-next-decade-experts-warn-a6830086.html>.

C'est dans cet esprit que l'Université de Montréal et les Fonds de la recherche du Québec ont organisé le Forum IA responsable en 2017, en partenariat avec MILA, IVADO, l'Institut canadien de recherches avancées et le Palais des congrès de Montréal.

Le Forum s'est conclu avec le lancement d'une démarche citoyenne qui culminera, en décembre 2018, avec la publication de la *Déclaration de Montréal sur le développement socialement responsable de l'intelligence artificielle*. Les recommandations formulées dans ce document seront à la fois issues d'un comité scientifique d'experts et du processus délibératif engagé avec le public. La mise en œuvre de ces recommandations permettra de baliser le développement futur de l'IA pour que celui-ci se fasse de manière conforme aux valeurs des Québécois et soit porteur de progrès non seulement économique, mais aussi social.

Étant donné la nature rapidement évolutive des technologies et des changements sociaux qui en découlent, il faut toutefois prévoir que ces recommandations devront être révisées régulièrement. Il faudra en fait s'assurer qu'elles continuent de s'enrichir grâce aux deux piliers de la *Déclaration*, c'est-à-dire la contribution des experts et la poursuite continue du dialogue entrepris avec les citoyens.

Finalement, grâce à la *Déclaration de Montréal sur le développement socialement responsable de l'intelligence artificielle* et aux travaux originaux qui y mèneront, à la force de ses experts, à la qualité de la participation de ses citoyens aux grands débats, à ses atouts culturels et à la vigueur de son écosystème en IA, le Québec sera parfaitement positionné pour assumer un rôle de premier plan dans le développement de l'IA responsable à l'échelle canadienne et internationale. Il conviendra de lui donner les moyens d'assumer pleinement ce leadership.

## APPROCHE SUGGÉRÉE

Pour positionner le Québec en tant que leader de l'IA responsable :

- 1) **Nous recommandons au gouvernement du Québec de soutenir la création d'un observatoire prospectif international sur le développement responsable de l'IA et sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique.** Cet observatoire aurait la forme d'une organisation sans but lucratif<sup>56</sup>. De manière à éviter toute perception de conflit d'intérêts, la gouvernance de cette entité devrait être indépendante de celle des organisations de recherche en IA et en science des données (p. ex., IVADO et le MILA) ainsi que des entreprises et d'IA Québec (recommandation n° 12), tout en étant en lien, dans son fonctionnement, avec les différentes composantes de l'écosystème (en particulier, l'observatoire devrait fédérer plusieurs acteurs universitaires ou collégiaux importants). De plus, cet observatoire devra être en lien avec l'ensemble des parties prenantes concernées par les enjeux sociétaux, sociaux, économiques, culturels et éthiques du développement et de l'utilisation de l'IA, c'est-à-dire l'ensemble des acteurs intéressés du milieu académique, gouvernemental, industriel et de la société civile. Une gouvernance s'assurant d'une représentation diversifiée où



Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$

<sup>56</sup> Le Comité se réjouit de constater que, le 4 mai dernier, le scientifique en chef et les trois Fonds de recherche du Québec (FRQ), en partenariat avec le MESI, ont invité la communauté scientifique à répondre à un appel de propositions visant à mettre sur pied l'Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'intelligence artificielle et du numérique, dont la mission et le mode de gouvernance correspondent globalement à la description présentée ci-haut. L'aide gouvernementale versée consistera en une subvention annuelle de fonctionnement d'au moins 1 million de dollars et d'au plus deux millions de dollars par année pendant cinq ans, avec possibilité de renouvellement.

aucune des parties prenantes n'aura un poids majoritaire assurera l'indépendance nécessaire. Le mandat de l'observatoire se déclinera en trois volets :

- a. Générer de nouvelles connaissances ayant trait aux enjeux éthiques et sociaux de l'IA et à ses retombées en assurant une veille, en répertoriant et en analysant les initiatives dans ce domaine au niveau national et international, et en effectuant, en partenariat avec les Fonds de recherche du Québec (FRQ), des appels ciblés à projets de recherche interinstitutionnelle et intersectorielle en IA responsable ;
- b. Poursuivre à long terme les efforts entrepris dans le projet de rédaction de la *Déclaration de Montréal sur le développement socialement responsable de l'intelligence artificielle* en devenant un forum permanent où l'ensemble des acteurs de la société québécoise pourront délibérer sur les enjeux éthiques et sociaux reliés à la production et à l'utilisation des outils de l'IA, de même que sur l'impact de cette technologie. Ce forum citoyen en lien avec les experts de l'éthique, du droit et des innovations technologiques en IA permettra une mise à jour régulière de la Déclaration, un élément essentiel dans un contexte de développement technologique accéléré et de rupture ;
- c. Faire des recommandations sur les cadres législatifs et les politiques publiques à adopter pour assurer un usage responsable de l'IA et pour favoriser l'adaptation réussie de la société québécoise et canadienne à la pénétration croissante de l'IA dans l'ensemble des sphères d'activité, notamment la justice sociale et le partage de la prospérité.

Ce mandat s'effectuera en collaboration étroite avec les instances canadiennes et étrangères chargées de veiller au développement de l'IA responsable. Cet observatoire, en maintenant un dialogue actif avec le citoyen et en rassemblant l'ensemble des parties prenantes autour des enjeux de l'IA, favorisera l'éducation et la responsabilisation de la société québécoise et canadienne et son autonomisation (*empowerment*), et s'assurera que la voix citoyenne est tenue en compte dans le développement de l'IA. Par conséquent :

- 1) **Nous recommandons au gouvernement du Québec de prendre des mesures vigoureuses pour positionner le Québec comme un meneur international en matière d'IA et d'IA responsable**, en facilitant, comme il l'a annoncé dans son budget 2018-2019, la mise en place, par Montréal International, d'une nouvelle organisation internationale en intelligence artificielle, mais aussi en soutenant la forte participation des membres québécois de l'écosystème en IA dans les principaux forums canadiens et internationaux existants sur les enjeux sociétaux de l'utilisation de l'IA, de même que dans les instances de normalisation et de standardisation concernées par ces enjeux. Il est à noter que la mise en place d'une nouvelle organisation internationale en intelligence artificielle est distincte de l'observatoire, mais que la présence d'un observatoire, en plus des atouts scientifiques et industriels associés à l'IA au Québec, représente un facteur d'attraction d'une organisation internationale.

Dans le contexte des efforts qu'il réalisera pour devenir un utilisateur exemplaire de l'IA :

- 2) **Nous recommandons au gouvernement du Québec d'adopter un cadre d'utilisation responsable de l'IA** dans lequel il s'engagerait minimalement à :
  - a. Accroître l'expertise interne des ministères et des organismes en matière d'usage responsable de l'IA ;
  - b. Assurer de rendre disponibles, de manière efficace et tout en respectant la vie privée des citoyens, les données anonymisées qu'il génère ;
  - c. Rendre public chaque usage qu'il fait d'algorithmes d'IA pour prendre des décisions susceptibles d'affecter la vie des citoyens ;

- d. Donner à des chercheurs la possibilité d'examiner ces algorithmes pour détecter les problèmes susceptibles d'affecter leur fonctionnement.

Le gouvernement du Québec devrait appliquer cette dernière recommandation rapidement, de manière à rassurer les citoyens sur l'utilisation qu'il compte faire des données dont il facilitera l'accessibilité (voir la recommandation n<sup>o</sup> 6) et des outils d'IA qui seront créés à partir, notamment, de ces données.

## Agir à l'international sur les enjeux liés à l'intelligence artificielle

Lors d'une visite qu'il effectuait en France en mars 2018, le premier ministre du Québec a proposé de créer une organisation mondiale qui travaillerait sur les enjeux sociétaux et éthiques liés au développement et à l'utilisation de l'IA. Il s'agirait, selon le gouvernement québécois, d'établir une sorte de « tour de contrôle » qui pourrait entre autres « rassurer la population » quant à l'évolution de cette nouvelle technologie.

Dans son budget 2018-2019, le gouvernement du Québec a donné suite à cette annonce en offrant un appui financier de 5 millions de dollars à Montréal International « pour faciliter la mise en place d'une nouvelle organisation internationale en intelligence artificielle, et ce, en collaboration avec les acteurs clés du milieu <sup>57</sup> », dont le Comité d'orientation.

Le Comité d'orientation est d'avis que la mise sur pied d'un tel organisme et sa venue au Québec seraient très positifs. Il entend donner tout le soutien possible à Montréal International pour faire un succès de cette initiative.

Le Comité croit par ailleurs qu'il sera important pour le Québec de donner aux acteurs québécois de l'IA – des entreprises aux centres de recherche, en passant par les ministères et les organismes – les moyens d'intervenir avec force dans des forums canadiens ou internationaux influents, comme le Partnership on AI (un regroupement fondé par de grandes entreprises américaines du numérique qui comprend aujourd'hui des acteurs tels que l'Association for the Advancement of Artificial Intelligence, le Fraunhofer Institute for Industrial Engineering, Element AI, McKinsey & Compagnie ou encore Accenture), de même que dans les instances de normalisation et de standardisation concernées par le développement efficace et responsable de l'IA (voir l'annexe « Normes et standards de l'IA »).

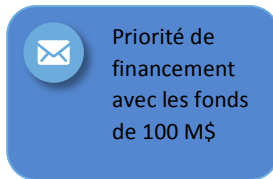
---

<sup>57</sup> Voir <http://www.montrealinternational.com/a-propos/salle-de-presse/de-nouvelles-mesures-pour-renforcer-le-bassin-de-talents-internationaux-et-mettre-en-place-une-organisation-internationale-en-intelligence-artificielle/>.

## Orientation stratégique n°5

Appuyer le développement  
des structures de soutien à  
l'écosystème

## > Recommandation n° 10 : Assurer l'accès des acteurs de l'IA et de la science des données à la puissance de calcul et à l'expertise en calcul dont ils ont besoin



### CONSTATS

Dans le secteur de l'IA, la réalisation de recherches et le développement de technologies reposent en bonne partie sur l'accès des chercheurs et des développeurs d'applications à des infrastructures de calcul aussi robustes que sécuritaires, c'est-à-dire à des services de connectivité, de puissance informatique et d'entreposage de qualité.

Calcul Canada est l'organisation chargée de coordonner l'offre de services de calcul informatique de pointe à la grandeur du Canada. Cet OBNL compte quatre partenaires régionaux, soit ACENET en Atlantique, Calcul Québec, Compute Ontario et WestGrid, qui jouissent chacun de l'appui de partenaires gouvernementaux et d'autres acteurs.

Calcul Québec est ainsi un regroupement d'universités québécoises qui mettent en commun les infrastructures dont elles disposent en matière de calcul informatique de pointe. Calcul Québec dispose d'un noyau d'experts hautement qualifiés capables de soutenir les chercheurs du secteur de l'IA dans leurs travaux.

Malgré les efforts réalisés par le Canada et le Québec pour assurer une adéquation entre l'offre de puissance de calcul et les besoins des chercheurs et des entreprises, des obstacles importants empêchent souvent ces derniers d'accéder à l'ensemble des ressources dont ils auraient besoin pour mener à bien leurs projets en IA.

D'abord, seulement 30 % des GPU (*graphics processing units* ou, en français, unités de traitement graphique) et 50 % des CPU (*central processing units* ou, en français, unités centrales de traitement) nécessaires aux centres et aux regroupements de recherche du Québec seraient actuellement disponibles<sup>58</sup>. Les investissements que le gouvernement fédéral a annoncés dans son budget 2018-2019 (voir l'encadré) devraient éviter l'élargissement de l'écart qui sépare le Québec et le Canada de leurs rivaux internationaux en matière de puissance de calcul, mais ils ne permettront pas à eux seuls de combler l'ensemble des besoins futurs des membres de l'écosystème en IA, ces besoins grandissant rapidement.

<sup>58</sup> Résultats du dernier concours d'allocation des ressources de Calcul Canada, estimations de Calcul Québec.

## Le gouvernement fédéral et la puissance de calcul

Le gouvernement fédéral a annoncé dans son budget 2018-2019 des investissements de 572 millions de dollars sur cinq ans pour mettre en œuvre une nouvelle stratégie pour l'infrastructure de recherche numérique et l'exploitation des données massives en collaboration avec les provinces, les universités et des acteurs comme Calcul Canada et la Fondation canadienne pour l'innovation. Les détails de cette stratégie et les sommes qui seront injectées au Québec seront connus ultérieurement.

Ensuite, les activités des fournisseurs de puissance de calcul, comme Calcul Québec, ne peuvent pas toujours être organisées, présentement, d'une manière qui réponde à l'ensemble des besoins en GPU ou même en CPU des acteurs de l'IA. Par exemple, ceux-ci rapportent que le temps d'attente avant d'avoir accès aux GPU requis dans le cadre d'un projet est souvent trop long.

De surcroît, les acteurs québécois de l'IA, surtout des PME, n'auraient pas toujours les connaissances nécessaires pour structurer leur parc informatique et leurs activités (p. ex., leurs activités d'infonuagique ou d'anonymisation et de protection de données) de façon à exploiter correctement la puissance de calcul offerte actuellement par Calcul Québec et d'autres fournisseurs (p. ex., Amazon Web Services).

À l'heure actuelle, Calcul Québec n'aurait pas non plus les moyens de répondre de façon flexible aux besoins émergents et croissants des chercheurs (ceux en IA et ceux de secteurs comme le transport, la santé ou le droit, où les techniques d'IA sont de plus en plus utilisées), de même qu'à ceux des jeunes pousses et des PME établies qui souhaiteraient recevoir de l'accompagnement pour comprendre l'ensemble des possibilités qui leur sont offertes sur le marché en matière de calcul et faire des choix judicieux.

Cela dit, les autres régions du Canada font face à des défis similaires à ceux que le Québec doit affronter. Pour y répondre, l'Ontario a pris en 2014 la décision de donner le statut d'OBNL à Compute Ontario et d'investir 75 millions de dollars sur cinq ans dans la mise en œuvre de la stratégie de cet organisme.

### APPROCHE SUGGÉRÉE

Afin de corriger les lacunes ci-dessus :

- 1) **Nous recommandons de bien définir les besoins du Québec en infrastructures de calcul et de faire les représentations qui s'imposent auprès du gouvernement du Canada, afin de veiller à ce que le Québec reçoive une part appropriée du financement prévu dans le cadre du dernier budget fédéral.** En effet, le gouvernement du Canada a proposé dans son budget 2018-2019 de verser 572,5 millions de dollars sur cinq ans et 52 millions par année par la suite, pour mettre en œuvre une stratégie de développement de l'infrastructure de recherche numérique qui offrira aux chercheurs canadiens un accès plus ouvert et plus équitable en matière de ressources de calcul avancé et de données massives. Le ministre des Sciences du Canada a annoncé son intention de collaborer avec les intervenants du milieu, y compris les provinces et les universités, pour produire cette stratégie et définir le rôle que des acteurs comme la Fondation canadienne pour l'innovation, Calcul Canada et le Réseau canadien pour l'avancement de la recherche, de l'industrie et de l'enseignement joueront dans son application.



- 2) **Nous recommandons aussi de faire en sorte que les chercheurs en IA du Québec, les chercheurs qui utilisent les techniques de l'IA dans leur domaine de recherche, de même que les entreprises qui travaillent avec ces chercheurs dans le cadre de projets de recherche collaborative aient accès, par l'entremise de Calcul Québec, aux quantités grandissantes d'unités de traitement graphique (GPU) et aux capacités croissantes de stockage dont ils ont besoin.**
- 3) **Nous recommandons enfin d'appuyer Calcul Québec dans le renforcement de sa capacité à soutenir avec efficacité les chercheurs et, particulièrement, les entreprises de l'écosystème en IA.** Entre autres, il conviendrait :
  - a. De participer activement aux discussions en cours sur les modèles de gouvernance de l'infrastructure de recherche numérique canadienne, de manière à infléchir les développements qui se produiront à l'échelle du pays et à augmenter, en fin de compte, la flexibilité et l'agilité de Calcul Québec ;
  - b. De donner à Calcul Québec les moyens de mettre sur pied et de déployer une équipe de conseillers plus grande dont le rôle consisterait à accompagner les centres et les regroupements de recherche, de même que les entreprises du Québec, dans la conception et la mise en œuvre de stratégies optimales de calcul de haute performance. Cette équipe pourrait notamment renseigner les acteurs en IA sur les solutions offertes par d'autres fournisseurs que Calcul Québec (p. ex., les aider à travailler avec des fournisseurs privés de services de stockage, de calcul et de protection des données) ;
  - c. D'appuyer Calcul Québec dans la révision de sa mission ou de sa stratégie pour l'aider à réfléchir à la pérennisation de son financement.

Fait à noter, la possible réorientation de Calcul Québec et le renforcement de sa capacité d'intervention auprès des entreprises en IA pourront favoriser la dynamisation de l'écosystème québécois de calcul de haute performance, notamment la croissance des fournisseurs de services en calcul, sécurité ou autres avec lesquels Calcul Québec sera appelé à collaborer étroitement.

## > **Recommandation n° 11 : Mandater une permanence « IA.Québec » dotée d'un secrétariat pour jouer un rôle de vigie et faciliter la coordination des acteurs de l'écosystème québécois en IA**

### **CONSTATS**

Au Québec, il existe déjà un écosystème de soutien prometteur pour le développement de l'IA qui comprend les acteurs du financement privé, du transfert technologique et de la formation, les associations d'entreprises et les grappes sectorielles. Comme nous l'avons souligné dans ce rapport, de nombreuses initiatives en cours ou à venir, indépendantes du gouvernement, devraient permettre à cet écosystème de soutien de monter en puissance pour soutenir adéquatement l'essor de l'IA dans la province. Cependant, la non-réalisation de ces projets pourrait fortement mettre en péril l'avènement du leadership québécois en IA.

En outre, si la multitude d'acteurs de l'écosystème québécois en IA représente un atout majeur, elle constitue également un enjeu. En effet, malgré ses nombreuses forces, le Québec a des ressources limitées comparativement à des acteurs comme la Chine ou les États-Unis. Il est donc d'autant plus critique d'optimiser ces actifs et de coordonner les efforts de l'écosystème.

De plus, dans un secteur évoluant aussi rapidement que celui de l'intelligence artificielle – et des sciences numériques en général –, il est capital d'assurer une souplesse aux orientations prises par l'écosystème. On ne sait pas d'où surgira la prochaine percée scientifique ou le prochain « Facebook », mais il est possible de mettre en place un système flexible et agile capable de s'ajuster rapidement, pour apporter le soutien adéquat à de nouveaux acteurs à fort potentiel ou pour bonifier la stratégie d'écosystème.

Enfin, non seulement est-il primordial de soutenir l'essor de l'écosystème québécois en IA, mais il faut également déployer d'importants efforts de marketing pour assurer sa visibilité à l'échelle mondiale. Certains acteurs sont déjà mobilisés et effectuent de la promotion à l'international, mais il faudra leur donner le soutien adéquat pour leur assurer une force de frappe suffisante.

## APPROCHE SUGGÉRÉE

**Nous recommandons la création de « IA.Québec », un secrétariat doté d'un rôle de réflexion stratégique, de rassemblement et de promotion qui travaillera de manière très étroite avec l'ensemble des acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux concernés par l'essor de l'IA au Québec**, du réseau QuébecInnove à TechnoMontréal, en passant par Montréal International, Québec International, Prompt ou des ministères comme le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, le ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, le ministère des Relations internationales et de la Francophonie ou le ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale. Spécifiquement, IA.Québec aurait les responsabilités suivantes :



Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$

1. Poursuivre, en concertation, les efforts stratégiques pour créer au Québec le plus important écosystème d'intelligence artificielle en Amérique du Nord.
  - a) Pour ce faire, nous suggérons d'abord qu'IA.Québec agisse à titre de vigie locale avec l'objectif d'évaluer en continu la robustesse de l'écosystème de soutien. L'organisme pourra ainsi recommander au gouvernement des interventions ponctuelles afin de pallier les lacunes éventuelles observées. Les points de vigilance à surveiller sont notamment l'accès au capital de financement, l'accès aux infrastructures de calcul, la mise à niveau des acteurs du transfert technologique, les mécanismes de transfert technologique, la sensibilisation des grandes entreprises et la présence de services-conseils pour les PME.
  - b) En outre, IA.Québec aurait le mandat d'assurer une vigie internationale en étudiant les évolutions de l'IA dans le monde pour ensuite informer l'écosystème et le gouvernement des enjeux et des opportunités pour la recherche et l'économie québécoises.
  - c) Enfin, IA.Québec serait chargée de poursuivre l'effort stratégique en cours, de revisiter régulièrement le plan quinquennal de l'écosystème et plus généralement de pérenniser la réflexion.
2. Diriger la « veille talent » évoquée à la recommandation n° 3, pour assurer la robustesse de l'écosystème en termes de talent et d'offre de formation.
3. Assurer la cohésion, la collaboration et la concertation des acteurs de l'intelligence artificielle au Québec. Dans cette optique, IA.Québec serait chargée de faciliter la mise en relation des acteurs actuels et futurs de l'écosystème, d'assurer un rôle de médiateur en cas de litige et d'agir comme organisme central rassemblant les acteurs de l'écosystème afin de faire front commun pour résoudre les enjeux observés. À ce titre, IA.Québec serait également responsable de la mise en place et de l'actualisation de la vitrine commune présentée dans la recommandation n° 12.

4. Établir des ponts entre l'écosystème québécois en IA et les autres écosystèmes dans le monde, à commencer par les écosystèmes canadiens. IA.Québec se doit d'être en constante communication avec le Canadian AI Consortium et avec le gouvernement fédéral afin d'assurer un arrimage pancanadien des diverses initiatives touchant nos provinces.
5. Assurer un rôle de soutien dans la promotion de l'écosystème québécois d'intelligence artificielle au Canada et à l'étranger. Nous suggérons qu'IA.Québec appuie des partenaires existants dans leurs efforts de promotion de l'IA, par exemple, Montréal International. Le secrétariat pourrait également soutenir le gouvernement dans des rôles de représentation du Québec aux niveaux fédéral et international.
6. Soutenir la participation coordonnée du Québec dans certains des forums canadiens et internationaux clés où se jouera l'avenir de l'IA et le développement de cette nouvelle industrie. En particulier, le Québec devrait s'assurer, par l'entremise d'IA.Québec et du nouvel observatoire international sur l'IA responsable et l'impact de l'IA, de parler d'une voix forte aux tables de normalisation et de standardisation canadiennes et internationales qui ont été mises en place, au cours des dernières années et des derniers mois, pour encadrer la conception des outils de l'IA et leur utilisation éthique (voir l'encadré ci-dessous).

Le modèle de gouvernance précis de IA.Québec sera arrêté lors de la mise en œuvre de cette stratégie, en forte concertation avec l'ensemble des acteurs de l'écosystème.

## Le Québec et les normes et standards en IA

Le Québec gagnera à prendre part aux efforts de normalisation et de standardisation qui seront entrepris dans le secteur de l'IA. Cela permettra notamment à ses chercheurs et à ses entreprises :

- D'être parmi les premiers à savoir quels normes et standards encadreront l'évolution du secteur, donc, à rapidement s'adapter aux exigences futures du marché international ;
- D'infléchir les processus de normalisation et de standardisation pour que certaines questions importantes pour le développement du marché québécois de l'IA et des industries québécoises qui recourront à l'IA, de même que pour l'épanouissement de la société et de la culture québécoises, soient prises en compte adéquatement (p. ex. les logiciels de reconnaissance ou de synthèse vocale devraient pouvoir traiter le français québécois efficacement).

Par conséquent, il sera important, pour le Québec, de s'assurer que la représentation canadienne au sein du nouveau comité sur l'intelligence artificielle de l'ISO (le SC 42 du comité JTC 1) et, éventuellement, d'autres instances de normalisation et de standardisation soit forte, tienne compte des intérêts du Québec et, surtout, assure le transfert efficace des connaissances acquises vers l'ensemble des acteurs québécois. En coordination avec les écosystèmes albertain et ontarien de l'IA, le Québec pourrait donc travailler à définir un plan d'intervention dans le comité SC 42 de l'ISO et dans d'autres instances de normalisation ou de standardisation.

Le Québec et le Canada pourraient prendre des mesures pour qu'une structure de consultation et de diffusion légère soit mise en place afin de recueillir l'intrant des acteurs de l'écosystème en IA et de mettre rapidement ceux-ci au courant des travaux menés au sein des instances de normalisation et de standardisation et des retombées de leurs travaux. Enfin, il serait intéressant de favoriser la coopération du Québec avec d'autres pays, comme la France, pour assurer la bonne prise en compte en IA des enjeux en matière de diversité culturelle et linguistique.

## > Recommandation n° 12 : Faciliter l'accès à l'information sur les ressources disponibles pour les acteurs de l'écosystème en IA et favoriser leur mise en relation par l'entremise d'une vitrine commune

### CONSTATS

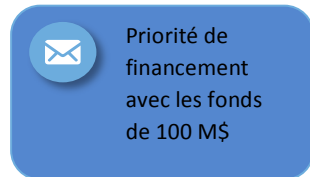
Il existe au Québec un écosystème riche et complexe d'intermédiaires, mais cet écosystème est présentement fragmenté, sans « porte d'entrée » claire pour les entreprises non technologiques de toutes tailles. En effet, il existe déjà un portail pour les entreprises, QuébecInnove, mais cette vitrine n'est présentement pas en mesure de recevoir, de filtrer et d'aiguiller les demandes en IA requérant un niveau de granularité additionnel. Le manque de clarté sur le « qui fait quoi ? » fait en sorte qu'un grand nombre de demandes sont acheminées vers le MILA et IVADO sans que ces derniers aient la capacité d'y répondre. Il est donc impératif de mettre en place un mécanisme de mise en relation efficace, conçu en fonction des besoins des utilisateurs finaux.

En outre, comme il est mentionné dans les diverses recommandations de ce rapport, une visibilité accrue de l'ensemble des ressources de l'écosystème faciliterait le parcours de chacun de ses acteurs : étudiants locaux ou internationaux, chefs d'entreprise, professionnels en voie de reconversion, etc.

### APPROCHE SUGGÉRÉE

Ainsi, **nous recommandons la création d'une vitrine en ligne qui serait accessible par le truchement du site d'IA.Québec et celui d'Entreprises Québec**. On y verrait :

- L'offre de chaque acteur œuvrant dans la commercialisation et le transfert technologique ;
- La liste des différentes *startups* de l'écosystème et leurs secteurs applicatifs ;
- Les programmes de subvention existants au niveau provincial et fédéral et leurs clientèles cibles ;
- L'ensemble des sujets de recherche académique en intelligence artificielle au Québec, y compris un recensement des chercheurs œuvrant dans ces filières ;
- La liste des stages disponibles pour les étudiants locaux et étrangers ;
- L'offre de bourses et de financement accessible aux étudiants locaux et étrangers ;
- Les profils d'avenir en intelligence artificielle ;
- L'ensemble des formations existantes dans les filières de l'IA et des sciences numériques, tant créditées (collégiale, universitaire, formation continue) que non créditées (par exemple, cours en ligne sur le potentiel de transformation de l'IA).



Cette vitrine devra répondre à plusieurs critères pour accomplir son objectif principal, soit le rapprochement des investisseurs, des créateurs et des utilisateurs potentiels, et une visibilité accrue de l'offre en recherche académique et en formation. Elle devra être à l'image de l'écosystème, c'est-à-dire moderne et facile d'utilisation ; elle devra être inclusive et panquébécoise ; elle devra mettre en lumière les modèles de transfert technologique existants ; et elle devra être mise à jour fréquemment, sinon automatiquement. Finalement, la vitrine devra répondre à un objectif de sensibilisation et d'éducation : expliquer ce qu'est l'IA, décrire les applications d'IA responsable et fournir le matériel didactique jugé approprié pour sensibiliser la population québécoise aux différents « cas d'utilisation » typiques de l'IA par secteur.

# Conclusion

## Mot de la fin

Le développement de la stratégie en intelligence artificielle du Québec est le fruit de la collaboration entre les membres du Comité d'orientation et de la participation active de nombreux acteurs de l'écosystème québécois qui, outre leurs rôles respectifs d'investisseur, d'entrepreneur, d'employeur, de chercheur ou de professeur, se sont réunis dans cet effort commun pour assurer le progrès et la prospérité de notre société. En effet, de nombreux membres du milieu académique, industriel et gouvernemental ont mis la main à la pâte dans le développement et la validation des 12 recommandations de ce rapport, dans l'espoir de propulser le Québec au rang du plus important écosystème d'intelligence artificielle en Amérique du Nord. Notre communauté bénéficiera grandement de l'engagement de tous ces chefs de file qui ont exposé leur point de vue sur les enjeux, les défis et les débouchés pour le Québec et l'ensemble de ses régions dans l'essor d'un pôle québécois en intelligence artificielle.

« Le talent, c'est le nerf de la guerre. » Voilà un constat, un enjeu, voire une opportunité qui fait l'unanimité dans l'écosystème québécois de l'IA.

Le succès du Québec dépendra directement de sa capacité à former et à attirer les talents nécessaires pour assurer la recherche fondamentale en IA, la conception d'applications qui utilisent des algorithmes d'IA et l'adoption de l'IA et des technologies connexes par les entreprises du Québec. Par ailleurs, la création d'un vivier de talents est nécessaire, mais insuffisante pour permettre au Québec de bénéficier des retombées économiques importantes générées par la commercialisation des solutions d'IA. Les grandes orientations stratégiques de ce rapport reflètent cette vision en insistant d'abord sur l'essor et la pérennité d'un pôle de recherche en IA au Québec, sur le développement du talent en sciences numériques dans l'ensemble du Québec et sur l'accélération de l'adoption et du développement de ces nouvelles technologies par l'ensemble du tissu économique québécois. En outre, il sera indispensable de se saisir proactivement de la question de l'IA responsable avec la communauté, étant donné le changement sociétal qu'entraînera l'utilisation de l'IA. Enfin, à ces quatre orientations stratégiques s'ajoutent des éléments facilitateurs, comme l'accès à une puissance de calcul convenable, dont il faudra impérativement soutenir le développement.

Le Comité d'orientation poursuivra son travail dans les semaines à venir, notamment en recueillant les commentaires du gouvernement et en travaillant étroitement avec ce dernier et avec les acteurs de l'écosystème pour soutenir la mise en œuvre des recommandations.

Certaines des approches suggérées au fil de ce rapport peuvent – et *doivent* –, être exécutées rapidement pour permettre au Québec non seulement de rester dans la course mondiale à l'excellence en IA, mais également de devenir un leader dans ce domaine.

Voici un aperçu des actions que nous recommandons que le gouvernement mette en œuvre dans les six mois suivant le dépôt de ce rapport.

## Proposition d'un plan pour les six prochains mois

Comme nous l'avons mentionné dans l'introduction de ce rapport, certaines des recommandations ont un horizon à long terme, tandis que d'autres sont réalisables dans l'immédiat. Afin d'assurer une mise en œuvre rapide et efficace des éléments pouvant voir le jour dans un avenir rapproché, voici un ensemble d'annonces que le MESI devrait faire et de gestes concrets qu'il devrait poser dans les six mois suivant le dépôt du rapport.

D'abord, le MESI devrait :

1. Annoncer publiquement les grandes orientations du rapport ;
2. Statuer sur la majoration en termes d'horizon temporel et d'argent investi (autrement dit, la pérennisation des fonds sur 10 ans et la bonification de l'enveloppe accordée au développement de l'écosystème en IA) ;
3. Annoncer les fonds accordés au MILA — Institut québécois d'intelligence artificielle pour appuyer sa montée en puissance ;
4. Annoncer le soutien à SCALE.IA ;
5. Annoncer la création du groupe IA.Québec d'ici la fin de l'année 2018.

Par la suite, le MESI devra mener à bien un ensemble d'actions tirées des orientations stratégiques du rapport :

1. Allouer le niveau approprié de subventions au MILA — Institut québécois d'intelligence artificielle ;
2. Allouer le niveau approprié de subventions pour l'opérationnalisation de SCALE.AI ;
3. Appuyer la création d'IA.Québec, une permanence dotée d'un secrétariat, qui servira de force mobilisatrice ;
4. Donner à IA.Québec le mandat de mettre en place la « veille talent » avec le soutien de TECHNOCompétences ;
5. Lancer le programme de création des chaires sectorielles en IA ;
6. Travailler avec le ministère de l'Immigration, de la Diversité et de l'Inclusion à l'ajout des professeurs et des chercheurs en IA ainsi que d'autres spécialistes de l'IA à la liste des professions « Volet talents mondiaux », pour accélérer le processus d'immigration ;
7. Mettre en place une enveloppe gouvernementale destinée à appuyer les établissements d'enseignement québécois dans l'actualisation de leur offre de formation ;
8. Simplifier et accélérer le processus d'approbation gouvernementale des programmes de formation proposés par les établissements québécois d'enseignement ;
9. Approcher le dirigeant principal de l'information (DPI) du Conseil du trésor du Québec afin d'entreprendre un effort de planification stratégique pour l'adoption de l'IA par le gouvernement québécois ;
10. Mettre en place des programmes d'aide à la commercialisation et au transfert technologique (financement de projets privé-privé et des programmes sectoriels d'accompagnement) ;
11. Annoncer le lancement de l'observatoire sur le développement socialement responsable de l'IA et sur les impacts de l'IA, et mandater un groupe de réflexion sur le positionnement international du Québec dans ce domaine ;
12. Donner suite à l'annonce du premier ministre sur l'ambition d'établir une organisation mondiale de l'IA responsable à Montréal.

## Proposition d'allocation des fonds de 100 millions de dollars en provenance du MESI et détail du besoin additionnel de quelque 300 M\$

Considérant les orientations stratégiques présentées dans ce rapport, nous recommandons l'allocation suivante de l'enveloppe budgétaire de 100 millions de dollars, afin d'assurer le développement de l'écosystème québécois en intelligence artificielle.

Tout d'abord, le Comité d'orientation est convaincu que le développement de l'écosystème québécois en IA passe avant tout par la montée en puissance du MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle, et recommande donc l'allocation de :

- 80 M\$ pour le soutien à l'essor du MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle, avec un palier à 65 M\$ et l'octroi du solde de 15 M\$ conditionnel à la rencontre de jalons (à établir avec le MESI). L'essor de cet institut est le fer de lance de la stratégie pour le développement de l'IA au Québec et sert plusieurs orientations stratégiques de ce rapport : mise sur pied d'un pôle d'excellence en recherche, développement des talents, essaimage de jeunes pousses en IA, appropriation des compétences en IA par le réseau de transfert technologique québécois, contribution importante à la réflexion sur l'IA responsable et meilleur accès des chercheurs en IA à la puissance de calcul et à l'expertise en calcul dont ils ont besoin.

En outre, un certain nombre d'initiatives mentionnées dans les recommandations nous apparaissent prioritaires et nécessiteront un financement rapide totalisant 20 millions de dollars, pour lequel nous recommandons le découpage suivant :

- 10 M\$ pour le soutien à la commercialisation et l'appropriation des solutions en IA, y compris :
  - Le financement de programmes sectoriels d'accompagnement aux entreprises désireuses de réaliser un virage IA ;
  - L'octroi de soutien financier (par l'entremise de crédits d'impôt, par exemple) aux entreprises québécoises qui combleront leurs besoins en IA auprès de *startups* ou de PME locales.
- 4 M\$ pour assurer la permanence d'IA.Québec
  - Cette estimation tient compte des salaires d'une équipe de quelques personnes et d'un budget pour réaliser les différentes activités de l'organisation.
- 3,5 M\$ pour la création et le fonctionnement d'un observatoire international sur l'IA responsable et sur les impacts de l'IA.
- 2,5 M\$ pour un ensemble d'initiatives structurantes pour l'écosystème :
  - Mise en place de la « veille talent » qui effectuerait rapidement une étude visant à déterminer les besoins de l'industrie sur le plan des profils et des compétences requis en IA et ses domaines connexes, en vue d'assurer l'adéquation formation-emploi ;
  - Mise à niveau des organismes de transfert technologique en IA, par l'entremise de l'approche « former le formateur » (*train the trainer*) ;
  - Mise en place de la vitrine commune « IA.Québec » répertoriant les divers acteurs de l'écosystème et leurs offres de service ;
  - Soutien financier aux établissements d'enseignement collégial et universitaire pour les appuyer dans une actualisation rapide de leur offre de formation.



Comme le décrit le tableau ci-dessous, le MILA devrait donc toucher jusqu'à 80 des 202 millions de dollars que le gouvernement du Québec a jusqu'ici décidé de consacrer au développement de l'IA au Québec, soit 39,6 % de l'enveloppe disponible.

#### Investissements du gouvernement du Québec en intelligence artificielle

| Actions                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Sommes allouées<br>(en M\$) | Pourcentage des<br>investissements<br>totaux |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------|
| <b>Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$</b><br>Soutien à l'essor du MILA                                                                                                                                                                                                                                                | 80,0                        | 39,6 %                                       |
| <b>Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$</b><br>Création d'un observatoire international sur l'IA responsable et les impacts de l'IA                                                                                                                                                                                     | 3,5                         | 1,7 %                                        |
| <b>Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$</b><br>Mise sur pied d'IA.Québec                                                                                                                                                                                                                                                | 4,0                         | 2,0 %                                        |
| <b>Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$</b><br>Soutien à la commercialisation et à l'appropriation des solutions en IA, y compris le financement de programmes sectoriels d'accompagnement aux entreprises désireuses de réaliser le virage IA                                                                          | 10,0                        | 5,0 %                                        |
| <b>Priorité de financement avec les fonds de 100 M\$</b><br>Soutien d'autres initiatives, soit la mise en place d'une « veille talent », la mise à niveau des organismes de transfert en IA, la mise en place d'une vitrine commune et le soutien à l'actualisation rapide de l'offre de formation des établissements d'enseignement | 2,5                         | 1,2 %                                        |
| Autres investissements en IA – Démarrage du projet SCALE.AI, chaînes d'approvisionnement optimisées par l'IA                                                                                                                                                                                                                         | 60,0                        | 29,7 %                                       |
| Autres investissements en IA – Création de l'Organisation mondiale de l'intelligence artificielle à Montréal                                                                                                                                                                                                                         | 5,0                         | 2,5 %                                        |
| Autres investissements en IA – Sciences mathématiques appliquées pour appuyer les domaines liés à l'IA au Québec                                                                                                                                                                                                                     | 1,0                         | 0,5 %                                        |
| Autres investissements en IA – Plan d'action en économie numérique, mesure 1; appui au projet IVADO (Apogée Canada) et à Calcul Québec                                                                                                                                                                                               | 5,0                         | 2,5 %                                        |
| Autres investissements en IA – Plan d'action en économie numérique, mesure 3; soutien aux projets de recherche collaborative par le truchement de Prompt                                                                                                                                                                             | 8,5                         | 4,2 %                                        |
| Autres investissements en IA – Développement des infrastructures de calcul nécessaires à l'essor de l'IA                                                                                                                                                                                                                             | 12,5                        | 6,2 %                                        |
| Autres investissements en IA – Mise en marche à HEC Montréal du Creative Destruction Lab Montréal et de NextAI Montréal                                                                                                                                                                                                              | 10,0                        | 5,0 %                                        |
| <b>Total versé par le gouvernement du Québec pour le développement de l'IA au Québec</b>                                                                                                                                                                                                                                             | <b>202</b>                  | <b>100,0 %</b>                               |

En plus des 202 millions de dollars dont l'utilisation est détaillée ci-dessus, nous croyons fermement qu'un

investissement additionnel de quelque 300 millions de dollars est nécessaire pour permettre de hisser le Québec au rang de leader en intelligence artificielle. Cette somme additionnelle servira trois objectifs. Nous présentons ci-dessous les initiatives majeures qui y sont associées :

- 1) Environ 50 % de ces fonds devraient aller à la pérennisation des établissements d’ancrage de l’écosystème, c’est-à-dire à appuyer le MILA et IVADO pour un horizon de 10 ans, à renforcer la capacité de Calcul Québec à satisfaire les besoins de ses partenaires (notamment des PME), et à assurer la création et le fonctionnement de IA.Québec et de l’observatoire international en IA responsable ;
- 2) 20 % de l’investissement supplémentaire serviraient à accroître le développement du talent en IA et en sciences numériques dans l’écosystème, notamment par : la création de chaires sectorielles visant à assurer l’essor d’un pôle d’excellence en recherche sur les applications de l’IA, l’appui au financement des postes de professeurs universitaires et collégiaux additionnels, ainsi que la fédération et la montée en puissance des initiatives sur la démocratisation des sciences et la promotion de la littératie mathématique ;
- 3) Et 30 % des fonds seraient utilisés pour accélérer le processus de développement et de commercialisation des solutions québécoises en IA et surtout, leur appropriation par les organisations qui constituent le tissu économique québécois. Concrètement, cela signifierait l’octroi d’une enveloppe budgétaire supplémentaire : pour le soutien direct à la commercialisation des innovations des entreprises conceptrices de solutions d’IA, pour le déploiement de programmes sectoriels d’accompagnement à l’utilisation de l’IA ; et pour le développement des capacités des ministères et des organismes québécois à adopter l’IA efficacement.

# Annexes

## Synthèse des recommandations et des approches suggérées

### ORIENTATION STRATÉGIQUE N° 1 :

Assurer l'essor et la pérennité du pôle de recherche académique en IA

#### RECOMMANDATION N° 1 : Attraction des chercheurs

- Soutien à l'essor du MILA – Institut québécois d'intelligence artificielle
- Création des chaires sectorielles d'excellence
- Soutien à la création de postes universitaires
- Mise en place d'un programme permanent de chaires
- Soutien au recrutement des chercheurs universitaires
- Soutien au recrutement des professeurs/chercheurs au sein du réseau collégial
- Demande d'ajout des professeurs et chercheurs en IA à la liste des professions du « Volet talents mondiaux »

#### RECOMMANDATION N° 2 : Attraction d'étudiants pour les deuxième et troisième cycles

- Hausse de la visibilité des occasions de recherche en IA et dans les domaines connexes
- Augmentation du financement des étudiants inscrits aux deuxième et troisième cycles universitaires
- Bonification des programmes de rétention des étudiants étrangers

### ORIENTATION STRATÉGIQUE N° 2 :

Développer le talent en sciences numériques

#### RECOMMANDATION N° 3 : Élaboration et maintien d'un portrait sur les besoins en talents

- Mise en place et opération de la « veille talent »

#### RECOMMANDATION N° 4 : Soutien dans l'actualisation de l'offre en formation

- Soutien pour la création et la modification de programmes (ne comprend pas les éventuels cours en ligne)
- Simplification et accélération du processus d'approbation gouvernementale des programmes de formation proposés par les établissements d'enseignement

#### RECOMMANDATION N° 5 : Promotion de la numératie et démocratisation des sciences

- Organisme pour coordonner et amplifier la force de frappe à l'échelle panquébécoise

### ORIENTATION STRATÉGIQUE N° 3 :

Accélérer le développement et l'adoption de solutions d'IA

#### RECOMMANDATION N° 6 : Soutien aux entreprises conceptrices

- Création de *data trusts* (fiducies de données)
- Accès privilégié des *startups* aux infrastructures de Calcul Québec et Calcul Canada
- Subvention des projets de partenariat entre les *startups* en IA et les entreprises privées
- Révision du mode d'approvisionnement stratégique du gouvernement
- Crédits d'impôt ou programmes subventionnés pour la commercialisation

#### RECOMMANDATION N° 7 : Soutien aux futurs utilisateurs de l'IA du secteur privé

- Mise à niveau des organismes intermédiaires sélectionnés
- Appui aux organismes intermédiaires pour la mise en place d'équipes-conseils
- Mise en place de programmes sectoriels d'accompagnement au virage IA
- Réflexion sur la consolidation de plusieurs organismes du secteur du transfert technologique en un institut de recherche appliquée

#### RECOMMANDATION N° 8 : Gouvernement et sociétés d'État comme utilisateurs exemplaires

- Plan d'action sur l'adoption de solutions IA au sein de l'appareil gouvernemental
- Modernisation des règlements entourant l'utilisation des données publiques

### ORIENTATION STRATÉGIQUE N° 4 :

Développer un pôle d'expertise en IA responsable

#### RECOMMANDATION N° 9 : Continuité des efforts en cours pour la mobilisation autour de l'IA responsable

- Création d'un observatoire sur le développement responsable de l'IA et sur les impacts de l'IA
- Positionnement du Québec comme un meneur international en matière d'IA responsable

### ORIENTATION STRATÉGIQUE N° 5 :

Appuyer le développement des structures de soutien à l'écosystème

#### RECOMMANDATION N° 10 : Accès à la puissance de calcul et à l'expertise en calcul

- Soutien à la montée en puissance de Calcul Québec

#### RECOMMANDATION N° 11 : Création d'une permanence « IA.Québec »

- Financement de « IA.Québec »

#### RECOMMANDATION N° 12 : Accès à l'information par l'entremise d'une vitrine commune

- Création de la vitrine « IA.Québec »

## Les membres du Comité d'orientation

### Domaine des affaires



Pierre Boivin  
(coprésident du  
comité)  
Président et chef  
de la direction  
Claridge inc.



Chris Arsenault  
Associé directeur  
iNovia



Thomas Birch  
Vice-président,  
Fonds et  
Technologies  
Caisse de dépôt  
et placement du  
Québec



Magaly  
Charbonneau  
Vice-présidente  
des  
investissements,  
iNovia  
Entrepreneure  
(PasswordBox,  
acquis par Intel)



Patrick Pichette  
Administrateur  
de société et  
conseiller  
stratégique



Valery Zamuner  
Vice-présidente  
principale,  
fusions,  
acquisitions et  
initiatives  
stratégiques  
Stingray



Charles Boulanger  
Président-directeur  
général  
LeddarTech

## Domaine universitaire



Guy Breton  
(coprésident du  
comité)  
Recteur  
Université de  
Montréal

François  
Bertrand  
Directeur de la  
recherche, de  
l'innovation et  
des affaires  
internationales  
Polytechnique  
Montréal

Martha Crago  
Vice-présidente à  
la recherche et à  
l'innovation  
Université McGill

Robert Gagné  
Directeur de la  
recherche et du  
transfert —  
Président du  
conseil de  
direction  
HEC Montréal –  
IVADO

Marie-Josée  
Hébert  
Vice-rectrice à la  
recherche, à la  
découverte, à la  
création et à  
l'innovation  
Université de  
Montréal

## Observateurs



Gilles Savard  
Directeur général  
IVADO

Yoshua Bengio  
Directeur  
scientifique,  
MILA,  
Université de  
Montréal

Doina Precup  
Professeure  
associée à l'école  
d'informatique  
Université McGill

Marie-Josée Blais  
Sous-ministre  
adjointe  
Ministère de  
l'Économie, de la  
Science et de  
l'Innovation

Mario Bouchard  
Sous-ministre  
adjoint  
Ministère de  
l'Économie, de la  
Science et de  
l'Innovation

## Liste des personnes rencontrées dans le cadre de nos travaux

|                                                                                       |                                                                                             |                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Amyot, Robert – CAE                                                                   | Brodeur, Pierre –<br>Regroupement des collèges du<br>Montréal métropolitain                 | Deguire, Charles – Kinova                                                  |
| Anglade, Dominique – Ministère<br>de l'Éducation, de la Science et<br>de l'Innovation | Brouillet, Eugénie – Université<br>Laval                                                    | Delage, Jean-Nicolas – Notman<br>– OSMO                                    |
| Baillet, Francis – Ubisoft                                                            | Brunel, Benoit – Bonjour Santé                                                              | Desbiens, Denis – IBM                                                      |
| Barette, Gaétan – Ministère de<br>la Santé et des Services Sociaux                    | Brunelle, Eric – Druide<br>Informatique                                                     | Desmarais, Hélène – Centre<br>d'entreprises et d'innovation de<br>Montréal |
| Bastien, Frédéric – MILA et<br>Université de Montréal                                 | Brunelle, Martin – Desjardins                                                               | Divry, Lidia – TechnoMTL                                                   |
| Bastien, Frédéric – Mnubo                                                             | Bruno, Richard – CIRANO                                                                     | Dumouchel, Pierre – ETS                                                    |
| Beaudoin, Josée – CEFRIQ                                                              | Cai, Changtian – Huawei<br>Technologies                                                     | El Asri, Layla – Microsoft                                                 |
| Béliveau, Louise – Université de<br>Montréal                                          | Carignan, François – Purkinje                                                               | Émond, Marie-Claude – Alliance<br>Numérique                                |
| Bellemare, Alain – Bombardier                                                         | Carle, Sylvain – Aero Montréal                                                              | Faubert, Denis – CRIAQ – Most<br>21                                        |
| Benoit, Suzanne – Alliance<br>Numérique                                               | Chagnon, André – SOJECCI                                                                    | Fortier, Suzanne – Université<br>McGill                                    |
| Béraud, Frank – Montreal In<br>Vivo                                                   | Chapados, Nicolas – Imagia                                                                  | Gagné, Christian – Université<br>Laval                                     |
| Bernstein, Albert – CIFAR                                                             | Chenette, Madeleine –<br>Accenture                                                          | Gagné, Jean-François, Element<br>AI                                        |
| Bertrand, François –<br>Polytechnique Montréal                                        | Clark, James – Université McGill                                                            | Garinis, Tom – Deloitte                                                    |
| Bérubé, Vincent – McKinsey &<br>Compagnie                                             | Clerk, Maxime – Prompt                                                                      | Gauthier, Johanne – MTESS                                                  |
| Blais, François – Ministère du<br>Travail, de l'Emploi et de la<br>Solidarité sociale | Cléroux, Louis – Blockchain<br>Superclus                                                    | Girard, Anne-Marie – Université<br>de Montréal                             |
| Boel, Nicolas-Louis – Altissia                                                        | Coiteux, Martin – Ministère des<br>Affaires municipales et de<br>l'Occupation du territoire | Gravel, Vivianne – B-citi                                                  |
| Boivin, Benoit – Secrétariat du<br>Conseil du Trésor                                  | Corbo, Jacomo – Quantum<br>Black                                                            | Grégoire Rousseau, Jean-<br>Sébastien – McKinsey &<br>Compagnie            |
| Bolduc, Hubert – Montréal<br>International                                            | Côté, Diane – MEDTEQ                                                                        | Halinaty, Mark – Thales Canada                                             |
| Borrelli, François – Prompt                                                           | Côté, Myriam – MILA                                                                         | Hamel, Manon – Caisse de<br>dépôt et placement du Québec                   |
| Boufaden, Nariés – Keatext                                                            | Cournoyer, Jean-Sébastien –<br>Element AI                                                   | Houle, Sébastien – Productique                                             |
| Boulet, Benoît – Université<br>McGill                                                 | Courville, Aaron – MILA et<br>Université de Montréal                                        | Huneault, Michel – ETS                                                     |
|                                                                                       | D'Amours, Sophie – Université<br>Laval                                                      | Jacques, Pierre-Étienne –<br>Université de Sherbrooke                      |
|                                                                                       | Debbabi, Mourad – Université<br>Concordia                                                   | Jaskolka, Norman – Aldo                                                    |

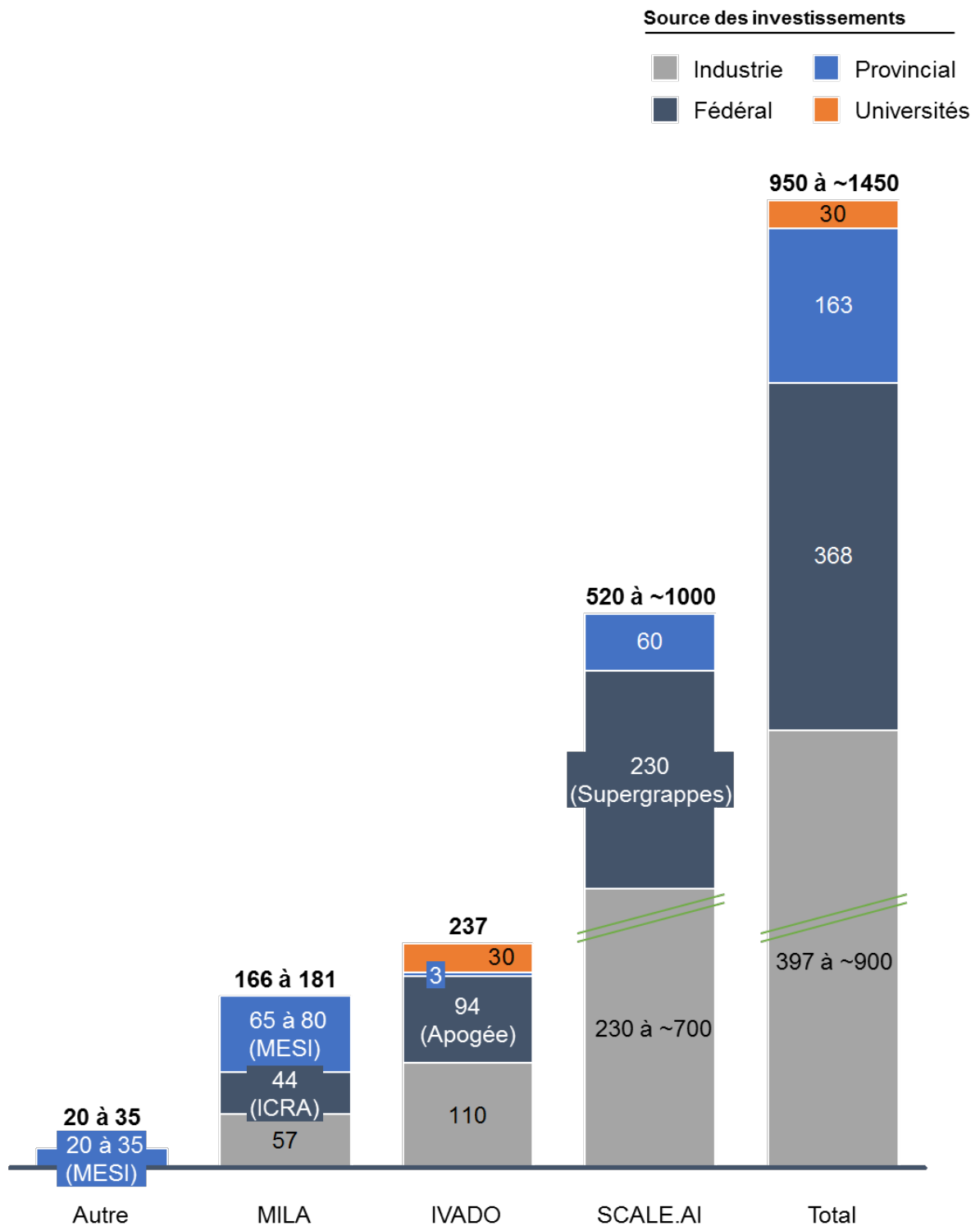
|                                                        |                                                         |                                                         |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Klugman- Iain – Communitech                            | Mauro, Andy – Automat.a                                 | Sherry, Dave – Lightspeed                               |
| Labonté, François – CRIM                               | Molaret, Philippe – Thales Canada                       | Sirois, Luc – Prompt                                    |
| Lacoste-Julien, Simon – MILA et Université de Montréal | Montini, Emmanuel – Cégep de Bois-de-Boulogne           | Smirnov, Alexis – Dialogue                              |
| Lajoie, Gilles – SOQUIJ                                | Moravei, Amir – Botler/Nomino                           | Talon, Suzanne – Calcul Québec                          |
| Lalonde, Fred – GERAD                                  | Musbah, Mohamed – Microsoft                             | Tarnowski, Marcos – McKinsey & Compagnie                |
| Lamothe, Marie-Josée – Google Canada                   | Noël, Jean-François – MEES                              | Têtu, Louis – Coveo                                     |
| Lanoue, Josée – TechnoCompétences                      | Pal, Christopher – Polytechnique Montréal               | Thérien, Denis – Université McGill                      |
| Laportevation, Réal – Hydro-Québec                     | Parent, Marc – CAE                                      | Tremblay, Jean-François – Institut de l'électrification |
| Larochelle, Hugo – MILA et Google Canada               | Park, Thomas – BDC Capital                              | Trépanier, Martin – CIRRELT                             |
| Laviolette, François – Université Laval                | Patry, Michel – HEC Montréal                            | Trischler, Adam – Microsoft                             |
| Lavoie, Alain – Irosoft                                | Perreault, Jean-Pierre – Université de Sherbrooke       | Usal, Siefried – Thales Canada (CortAlx)                |
| Lavoie, Valérie – Fédération des cégeps                | Pilon, Pascal – LANDR                                   | Vachon, Louis – Banque Nationale du Canada              |
| Le Bouthillier, Alexandre – Imagia                     | Pineau, Joëlle – MILA et Université McGill              | Vallée, Nathalie – Collège Ahuntsic                     |
| Leblanc, Martin – Caprion                              | Poulin, Daniel – LEXUM                                  | Veerman, Alan – Vector Institute                        |
| LeCun, Yann – Facebook                                 | Poulin, Geneviève – Ubisoft                             | Viel, Carl – Québec International                       |
| Létourneau, Stéphane – Université de Montréal          | Prodromou, Evan – Fuzzy.ai                              | Vigeant, Daniel – Collège Lionel-Groulx                 |
| Lévesque, Louis – Finance Montréal                     | Raimondi, Patrick – Accenture                           | Vigneault, Mathieu – Transtech                          |
| Lodi, Andrea – Chaire CERC, Polytechnique Montréal     | Rigazio, Luca – Panasonic                               | Vinet, Luc – CRM                                        |
| Martel, Nicole – AQT                                   | Roy, Louise – Université de Montréal                    | Wallis, Jodie – Accenture                               |
| Masson, Alexandra – Québec International               | Sabia, Micheal – Caisse de dépôt et placement du Québec |                                                         |
|                                                        | Schlesinger, Adam – Banque Nationale du Canada          |                                                         |
|                                                        | Schuler, Cameron – AMII                                 |                                                         |

Le Comité tient également à remercier toutes les personnes qu'il a rencontrées dans le cadre du travail d'élaboration de la *Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle* qui ne seraient pas nommées dans cette liste.



## Vue d'ensemble des financements publics et d'entreprises

Figure 6 – Organismes soutenus dans le secteur de l'IA et source des investissements



## Cours en ligne

Le Québec gagnera à soutenir le développement de l'offre de cours en ligne pour répondre aux besoins de formation de l'ensemble des ressources humaines de l'écosystème en IA, qu'il s'agisse, par exemple, de diplômés préuniversitaires désireux de se familiariser avec les techniques de préparation de données, d'informaticiens soucieux d'acquérir les compétences en apprentissage automatique qui compléteront leurs compétences de base, d'experts en agriculture, en santé ou en transport impatients de recourir à l'IA dans leur créneau d'expertise, ou de gestionnaires qui souhaitent bien saisir les enjeux stratégiques que pose l'utilisation de l'intelligence artificielle et de ses applications connexes dans leur entreprise.

La création de cours en ligne en français – un sujet sur lequel des acteurs comme l'Université Laval, HEC Montréal ou la TéléQ possèdent une expertise enviable – permettra d'abord de rejoindre l'ensemble des Québécois que les questions d'IA interpellent, peu importe où ceux-ci demeurent sur le territoire. En effet, il sera relativement facile pour les travailleurs et les futurs travailleurs de Montréal et des autres grands centres du Québec de suivre les cours du MILA ou d'autres centres ou établissements de formation en personne. Cependant, certaines formations sur l'IA devraient aussi être offertes virtuellement pour être accessibles au plus grand nombre, de la Gaspésie à l'Outaouais, en passant par les Bois-Francs. Toutes les régions du Québec seront touchées par la montée de l'IA : toutes devraient avoir aisément accès à des cours en ligne de haute qualité.

Certains croient en outre que, donnés dans de bonnes conditions, les cours en ligne peuvent constituer un outil efficace d'attraction des femmes dans un champ comme celui de l'IA. Entre autres, la flexibilité offerte par ce mode de formation pourrait aider certaines femmes, comme les mères de famille, à poursuivre ou à reprendre leurs études<sup>59</sup>.

La mise sur pied de cours en ligne en français sera aussi une formidable manière de sensibiliser et de former les habitants de la Francophonie désireux de faire carrière en IA ou d'approprier les technologies produites dans ce secteur. Dans certains cas, les cours en ligne développés au Québec inciteront même les étudiants étrangers à venir parfaire leur formation sur place, dans les universités québécoises ou les établissements collégiaux présents un peu partout sur le territoire. En fait, les cours en ligne québécois en IA pourraient constituer une formidable carte de visite pour nos chercheurs, nos établissements d'enseignement et de recherche, et nos entreprises.

À court terme, la création de cours en ligne en français pourrait même favoriser le virage des organisations vers l'IA, puisque certaines de ces dernières seraient actuellement réticentes à envoyer leurs employés suivre des formations présentiels, de peur que ces derniers ne soient recrutés par la concurrence une fois leur cours terminé.

Pour le Québec, l'enjeu, au cours des prochaines années, ne consistera pas à *diriger* ou à *encadrer* les efforts déjà entrepris par de nombreux établissements universitaires, collégiaux et techniques de la province pour créer les cours en ligne crédités et non crédités en IA qu'ils offriront dans le cadre de leurs programmes de formation normale ou continue.

Il sera cependant souhaitable que des ressources soient mises à la disposition des acteurs en formation pour élaborer des cours en ligne de haute qualité sur des thèmes stratégiques en IA où l'adéquation entre les besoins et l'offre de formation en ligne s'avérera mauvaise. Cela pourrait notamment se produire, parce que :

- Produire un cours de très haute qualité peut coûter cher à un établissement (entre 80 000 et 150 000 \$, selon certaines estimations) ;
- La demande initiale pour un cours peut être insuffisante (trop peu d'étudiants s'y inscrivent parfois les premières années) ;

---

<sup>59</sup> Voir <https://www.al-fanarmedia.org/2017/03/can-moocs-womens-entryway-stem/>.

- La demande pour un cours peut être considérable sans que le rendement sur les investissements réalisés, lui, le soit (p. ex. : dans le cas de cours massifs gratuits ou peu coûteux, les dépenses seront évidemment supérieures aux revenus).

Par conséquent, si la « veille talent » révèle un manque dans l'offre de cours en ligne, le Comité d'orientation recommandera au gouvernement du Québec de créer une enveloppe pour soutenir le développement, par les établissements d'enseignement du Québec, de cours en ligne en IA répondant de près aux différents besoins des organisations québécoises.

La gestion de cette enveloppe pourrait être confiée à IA.Québec qui, en concertation étroite avec l'industrie et les établissements de formation en IA, procéderait à des appels de projets pour mettre sur pied les cours en ligne en langue française – et aussi, éventuellement, en d'autres langues, comme l'anglais et l'espagnol – qui permettront de former les ressources humaines de tous niveaux dont les entreprises productrices et utilisatrices de l'IA auront besoin.

Les sommes disponibles devraient notamment servir à créer des cours qui attireront les travailleurs et les étudiants québécois et étrangers vers l'écosystème québécois de l'IA, en particulier vers les établissements d'enseignement universitaire et collégial qui offrent des programmes susceptibles de leur permettre de parfaire leur formation dans le secteur.

À cet égard, il serait intéressant d'appliquer au secteur de l'IA le modèle préconisé par HEC Montréal et ses partenaires dans le cadre du programme Jeunes leaders de la Francophonie. Soutenue financièrement par Affaires mondiales Canada, cette initiative vise à susciter le démarrage d'entreprises au Bénin, au Burkina Faso, en Haïti et au Sénégal. Quelque 10 000 francophones suivront d'abord une série de cours en ligne pour entrepreneurs potentiels. Les étudiants les plus prometteurs recevront ensuite le soutien de tuteurs et de mentors pour produire un plan d'affaires, puis monter leur propre entreprise. Les promoteurs du projet espèrent qu'à terme, celui-ci permette le démarrage de 240 nouvelles entreprises dans les quatre pays sélectionnés<sup>60</sup>.

## Développer le vocabulaire français de l'IA

Soutenu financièrement par l'Office québécois de la langue française, piloté par une équipe qui comprend un spécialiste en intelligence artificielle et en linguistique, et cautionné par des entreprises comme Google Brain Montréal, le projet DataFranca ([www.datafranca.org](http://www.datafranca.org)) vise à développer la terminologie française de l'IA à l'aide de méthodes de création participatives.

La terminologie produite par les experts servira à créer des articles Wikipédia sur l'IA en français et d'améliorer les articles existants de cette encyclopédie. Les responsables de DataFranca diffuseront aussi les résultats de ce projet par le truchement de réseaux comme LinkedIn et de ressources comme le *Grand dictionnaire terminologique*. En appuyant cette initiative, l'Office québécois de la langue française aide la société québécoise à faire sienne une toute nouvelle industrie (dans les mots des promoteurs, à la rendre « aussi québécoise que le sirop d'érable »), favorise le transfert des connaissances en IA vers des non-experts (les utilisateurs francophones de l'IA, les journalistes, les enseignants), fournit l'ossature de futurs cours sur l'IA en français (comme des cours pour les étudiants du cégep et les utilisateurs de l'IA) et favorise l'attraction au Québec des cerveaux francophones que l'IA intéresse.

<sup>60</sup> Voir <http://fr.allafrica.com/stories/201710110712.html>.

## Normes et standards de l'IA

L'Organisation internationale de normalisation (ISO) définit la norme comme un « document établi par consensus et approuvé par un organisme reconnu, qui fournit, pour des usages communs et répétés, des règles, des lignes directrices ou des caractéristiques, pour des activités ou leurs résultats, garantissant un niveau d'ordre optimal dans un contexte donné ». L'ISO ajoute qu'il « convient que les normes soient fondées sur les acquis conjugués de la science, de la technique et de l'expérience et visent à l'avantage optimal de la communauté <sup>61</sup> ».

Les normes sont généralement publiées par des organismes de normalisation nationaux comme le Conseil canadien des normes, ou issues d'organisations internationales comme l'ISO.

Les standards ressemblent aux normes, à la différence qu'ils sont générés par une entreprise occupant une forte position concurrentielle (comme Microsoft), une association professionnelle (comme l'Institute of Electrical and Electronics Engineers ou IEEE), ou un consortium d'entreprises (comme l'Association canadienne des télécommunications sans fil).

Les normes et les standards sont importants, parce que leur adoption mène à une réduction des risques que prennent les développeurs, les promoteurs et les utilisateurs d'un produit ou d'un service. Par exemple, la définition de normes sur l'espacement des rails a soutenu le développement de l'industrie ferroviaire américaine – avant que cet écart ne soit fixé à 4 pieds 8 pouces et demi à la fin du 19<sup>e</sup> siècle, un train ne pouvait pas nécessairement circuler d'un réseau à un autre. Et l'établissement de règles quant à la quantité de méthylmercure qu'un poisson mis en marché peut renfermer protège la santé des consommateurs.

Dans le secteur des technologies, les normes et les standards sous-tendent le bon fonctionnement d'Internet, garantissent qu'un même ordinateur puisse se brancher sans problème au Web depuis n'importe quel pays et n'importe quel réseau Wi-Fi, aident les utilisateurs à apprivoiser un nouveau logiciel (il n'y a rien de fortuit au fait que la barre de menu de Google Docs ressemble à celle de Microsoft Word, le leader des logiciels de traitement de textes) et leur permettent d'utiliser des caractères français ou chinois dans un nom de domaine.

La création de normes et de standards spécifiques pour l'IA s'est intensifiée au cours des dernières années. En 2017, l'ISO a ainsi mis sur pied le sous-comité 42 (SC 42) pour « centraliser et initier les activités du programme de normalisation du JTC 1 [l'organe de référence pour la normalisation des technologies de l'Information] touchant le domaine de l'intelligence artificielle » et pour « fournir des orientations au JTC 1 et aux comités IEC et ISO qui développent des applications fondées sur l'intelligence artificielle <sup>62</sup> ». De son côté, l'IEEE vient de publier la deuxième édition du rapport *Ethically Aligned Design : A Vision for Prioritizing Human Well-being with Autonomous and Intelligent Systems (A/IS)*, qui renferme des recommandations sur les stratégies à adopter pour concevoir des outils informatiques intelligents et autonomes qui tiennent compte des valeurs de l'être humain – recommandations qui seront progressivement traduites en standards <sup>63</sup>.

Dans le domaine de l'intelligence artificielle, les normes et les standards pourront notamment servir à assurer :

- Que les producteurs et les utilisateurs de l'IA utilisent des définitions et un vocabulaire communs, ce qui facilitera leurs échanges sur le sujet ;
- Qu'il soit plus facile et plus économique d'échanger et d'intégrer les données requises pour le développement de l'IA ;
- Que les acteurs de l'IA appliquent des pratiques de conception et de production exemplaires et, en corollaire, évitent de recourir à des façons de faire sous-optimales (comme le surapprentissage ou *overfitting*) ;

<sup>61</sup> Voir <https://www.cairn.info/revue-francaise-de-gestion-2003-6-page-49.htm>.

<sup>62</sup> Voir <https://www.iso.org/fr/committee/6794475.html>.

<sup>63</sup> Voir <https://ethicsinaction.ieee.org/>.

- Que les risques associés à l'apparition d'une nouvelle technologie de l'IA (p. ex. les véhicules autonomes) et les méthodes susceptibles de permettre de limiter ces risques soient définis à l'aide d'approches précises et rigoureuses <sup>64</sup>; et
- Que l'intégration de principes éthiques fondamentaux (p. ex., le principe d'équité) se fasse aux stades initiaux de la conception d'un outil <sup>65</sup>.

---

<sup>64</sup> Voir <https://arxiv.org/pdf/1709.02435.pdf>.

<sup>65</sup> Voir <https://www.techrepublic.com/article/ieee-announces-3-ai-standards-to-protect-human-well-being-in-the-robot-revolution/>.