

Sous la direction scientifique de  
**Benoit Dostie – Catherine Haeck**  
Sous la coordination de  
**Genevieve Dufour**

# Le Québec économique 10

**Compétences et transformation  
du marché du travail**

## Chapitre 14

### **REHAUSSER LE NIVEAU DE CONNAISSANCES ET DE COMPÉTENCES EN IA**

Nathalie de Marcellis-Warin

**Comment citer ce chapitre :**

De Marcellis-Warin, N. (2022). Point de vue. Rehausser le niveau de connaissances et de compétences en IA : des conditions de succès pour son adoption et pour combler les besoins de talents. Dans B. Dostie et C. Haeck (dir.), *Le Québec économique 10. Compétences et transformation du marché du travail* (14, 301-320). CIRANO. [doi.org/10.54932/CVAD7132](https://doi.org/10.54932/CVAD7132)



## Chapitre 14

### POINT DE VUE

# REHAUSSER LE NIVEAU DE CONNAISSANCES ET DE COMPÉTENCES EN IA

*Des conditions de succès pour son adoption  
et pour combler les besoins de talents*

Nathalie de Marcellis-Warin

Professeure titulaire à Polytechnique Montréal  
et présidente-directrice générale du CIRANO

### Résumé

*Les besoins de talents dans le domaine de l'intelligence numérique et de l'Intelligence artificielle (IA) sont en croissance dans tous les secteurs d'activité au Québec. Dans un contexte de pénurie de main-d'œuvre, ce point de vue souhaite montrer que le besoin de nouvelles compétences ne peut pas se faire uniquement en recrutant de nouvelles ressources. Les organisations devront aussi miser sur leurs ressources internes et les former. Nous présentons ici une synthèse des faits saillants qui ressortent d'une revue de littérature, d'entrevues et d'échanges avec une communauté d'exploration de l'IA en gestion. La première condition de succès est de s'assurer qu'il y a une bonne compréhension de ce qu'est l'IA. Pour les décideurs et les gestionnaires il s'agit de s'assurer qu'ils ont aussi une*

*bonne connaissance des possibilités qu'offre l'IA, des enjeux qu'elle soulève et des besoins de compétences associés. La nécessité d'offrir des formations mieux adaptées aux travailleurs en emploi et de reconnaître les compétences développées en emploi par l'expérience et par l'autoformation est une autre condition de succès<sup>1</sup>.*

---

## Contexte

**L**a transformation numérique, qui s'accélère dans tous les secteurs de l'économie, apporte des conditions favorables à l'adoption et à l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA). L'expression « intelligence artificielle » est utilisée ici pour décrire des machines ou des programmes qui sont capables d'exhiber des comportements que l'on attribue généralement aux êtres humains, comme apprendre, comprendre des langues ou résoudre des problèmes complexes<sup>2</sup>. Mais l'utilisation de l'IA requiert des conditions préalables qui doivent être réunies pour qu'elle permette de véritablement aider à la prise de décision et à l'optimisation des processus.

Par exemple, l'IA peut permettre de faire la maintenance prédictive des machines sur les chaînes de production et ainsi éviter les arrêts pour bris accidentels. Dans ce cas, cela prend des données historiques qui ont pu être collectées sur ces machines concernant les bris observés, les conditions d'utilisation de la machine, etc. et qui ont permis d'entraîner un algorithme qui aidera à déterminer le moment optimal pour faire la maintenance de chaque machine.

Plusieurs autres exemples peuvent être donnés d'applications de l'IA, que ce soit dans le réseau de la santé (avec des logiciels de reconnaissance d'images qui sont capables de repérer des maladies), dans le secteur de la finance (particulièrement dans les domaines de l'assurance, du crédit et de la gestion d'actifs, mais aussi de la détection de la fraude), dans celui du transport (avec les véhicules autonomes), dans les services (présélection de CV et assistants virtuels), de même que dans certains secteurs industriels ou encore en agriculture.

Depuis la publication de la Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle (Boivin et Breton, 2018), plusieurs initiatives ont été mises en place au Québec pour répondre aux besoins de nouvelles compétences que mettent au jour les développements du numérique et de l'IA et pour faire de l'IA un levier de développement économique et social pour le Québec. Ces initiatives se sont appuyées sur les forces du Québec que sont l'expertise de pointe en IA, l'augmentation du nombre de professeurs et de chercheurs embauchés par les universités et les centres de recherche, l'actualisation de l'offre de formation, la promotion de la littératie mathématique ainsi que des initiatives pour favoriser le développement responsable de l'IA.

Dans la plupart des écosystèmes d'IA, il y a encore des barrières à l'adoption de l'IA et notamment des écarts entre l'offre de formation et les besoins des organisations (Dutton *et al.*, 2020). Dans la neuvième édition du *Québec économique*, qui portait sur la transformation numérique et l'IA (De Marcellis-Warin et Dostie, 2020), Ben Hadj précisait que la formation continue et les formations visant le perfectionnement des travailleurs devraient être plus axées sur les mutations du marché du travail (Hadj, 2020). Tous les acteurs du domaine de la formation doivent fournir des efforts conjoints pour assurer une transition équitable des travailleurs au fur et à mesure du déploiement du numérique et de l'IA, notamment grâce à des programmes de formation pensés pour être suivis tout au long de la vie active et à du soutien aux personnes affectées par les suppressions de postes ou par la transformation de leurs tâches.

Les besoins en formation en IA couvrent à la fois les méthodologies de l'IA (l'apprentissage automatique, l'apprentissage profond, le traitement des images, le traitement des langues naturelles, etc.), les applications de l'IA dans différents secteurs d'activité (finance, santé, justice, agriculture, industrie, transport, etc.) et les enjeux liés à l'utilisation de l'IA, notamment les aspects éthiques qu'elle soulève. Cela requiert donc des formations aux techniques de l'IA pour les développeurs, les programmeurs, les chercheurs et les utilisateurs d'IA ainsi que des formations s'adressant aux cadres, aux dirigeants ou encore aux employés d'entreprises qui ne sont pas dans le développement ou l'utilisation directe de l'IA, mais qui doivent connaître la valeur et la plus-value de l'IA pour leur organisation. Tous doivent avoir une formation sur les enjeux éthiques se rapportant à l'utilisation de l'IA.

Bien qu'il soit difficile de prévoir de manière certaine sur quelles nouvelles compétences repose la création de la valeur économique de demain, il apparaît impératif de disposer d'un système d'éducation flexible, accessible et adaptatif afin de faire converger les leviers et autres facteurs clés de succès (Fonds de recherche du Québec [FRQ], 2021). Même si la capacité des établissements d'enseignement à s'adapter ne semble pas aller aussi vite que la transformation numérique et l'émergence de nouvelles technologies, ce qui cause un écart apparent entre eux et les besoins de compétences du marché, il y a en réalité actuellement une accélération de l'offre des formations initiales aux techniques de l'IA au Québec (Quéré et McDuff, 2021).

De plus, en matière de formation continue, plusieurs formations existent et de nombreuses activités non créditées sont dispensées par des établissements d'enseignement, des instituts de recherche, des organismes publics ou des entreprises privées à l'attention de travailleurs en emploi souhaitant augmenter leurs connaissances en IA ou rehausser leur niveau de compétence à propos de méthodologies spécifiques. La plupart de ces formations sont offertes en ligne (plusieurs sur des plateformes comme EDUlib ou edX), mais il y a aussi de plus en plus de formations offertes sur des sites spécialisés (par exemple LinkedIn Learning et Coursera). Certaines sont recommandées par des entreprises qui y voient une valeur pour leur organisation.

Ainsi, pour s'assurer de bien évaluer les conditions préalables à l'utilisation de l'IA, sa valeur ajoutée et les besoins en ressources technologiques, informationnelles (données) et humaines (compétences), il est important de bien définir les enjeux actuels et de proposer des pistes d'action pour y répondre. Nous avons fait une revue de littérature sur ces enjeux en regardant les études effectuées au Québec, et nous avons consulté un certain nombre d'acteurs de l'écosystème de l'IA, dont des chercheurs en IA, des établissements d'enseignement, des instituts et des centres de recherche, des centres de transfert technologique, des décideurs et des gestionnaires de petites et de grandes entreprises, etc. Nous avons aussi participé à une communauté d'exploration sur l'IA en gestion d'une vingtaine de personnes qui a pour objectif de mieux cerner et de mieux définir les besoins des organisations, et ce, afin d'orienter la recherche et les collaborations avec les pourvoyeurs de solutions, en les sensibilisant aux enjeux de mise en œuvre et d'implantation de l'IA en organisation au-delà des avancées techniques (Sécher *et al.*, 2021)<sup>3</sup>.

Nous présentons ici une synthèse des faits saillants qui ressortent de cette revue de littérature, des entrevues et des échanges avec la communauté de pratique<sup>4</sup>.

## Enjeux actuels de l'adoption de l'IA

Selon une étude d'IBM, 63 % des dirigeants questionnés, plus de 5 000 à travers le monde, considèrent la disponibilité de ressources humaines avec les compétences requises comme le principal obstacle à la réussite de l'IA (IBM, 2018). Au Canada, 68 % des entreprises préfèrent remplacer leurs employés par de nouveaux talents. Seulement 11 % ont déclaré souhaiter former les employés actuels afin de faire évoluer leurs compétences (en comparaison avec 19 % aux États-Unis et en Australie, 24 % au Royaume-Uni et 26 % en Allemagne) (Deloitte, 2020). Toutefois, dans un contexte de pénurie de talents, miser uniquement sur l'embauche n'est pas une solution réaliste et le besoin de main-d'œuvre qualifiée doit passer par le rehaussement des compétences des travailleurs en emploi. Cela montre aussi que les décideurs n'ont pas encore bien perçu les impacts et les possibilités de la transformation numérique et de l'IA sur leur organisation.

### *Pénurie de talents et de compétences en IA*

Dans une étude menée par le CIRANO et l'Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique (OBVIA) pour le Conseil interprofessionnel du Québec, nous avons dressé un état des lieux sur les pratiques numériques des professionnels du Québec avec un volet spécifique sur l'utilisation de l'IA dans leurs activités professionnelles (De Marcellis-Warin et Mondin, 2021). Le retard dans le développement de l'expertise et le manque de main-d'œuvre qualifiée ressortent comme des enjeux qui inhibent le virage numérique chez les professionnels du Québec<sup>5</sup>. L'étude a aussi montré que pour de nombreux professionnels, l'utilisation de l'IA reste encore floue et lointaine. Ce sont surtout les professionnels du secteur Droit, administration et affaires (DAA) qui considèrent que le développement et l'utilisation de systèmes automatisés utilisant l'IA vont transformer leur pratique professionnelle. Une des attentes soulevées par les professionnels du Québec est le besoin de formation continue en phase avec la transformation

numérique et l'IA. L'étude révèle aussi que 41 % des répondants ont déclaré suivre des formations professionnelles pour acquérir de nouvelles compétences. Les professionnels cherchent aussi à se renseigner autrement pour avoir de l'information sur l'utilisation des nouvelles technologies numériques et de l'IA. Ils se tournent en premier lieu vers d'autres professionnels (59 %), vers leur ordre professionnel (40 %), vers Internet (43 %) ou participent à des ateliers, des séminaires ou des conférences (37 %). Les professionnels interrogés ont mentionné que « l'ajout d'un volet sur le numérique dans les formations initiales se fait timidement » et que les nouveaux professionnels qui arrivent sur le marché n'ont pas encore les compétences requises pour la transformation qui s'opère, car « les compétences attendues évoluent plus vite que les individus se forment » (De Marcellis-Warin et Mondin, 2021).

Cela rejoint plusieurs enjeux qui ont été identifiés dans d'autres études. Gobeil-Proulx (2021) a suggéré, par exemple, de réfléchir à la production de référentiel de compétences, qu'elles soient générales ou spécifiques à certains domaines, afin d'aider les directions d'établissements supérieurs, ou les directions de programme, dans l'orientation de leurs offres de formation pour le développement de compétences ancrées sur les besoins d'un monde du travail en rapide transformation. Cayrat *et al.* (2021) ont notamment relevé le manque de liens qui subsiste entre les domaines théoriques et scientifiques et la pratique en milieu organisationnel. Ils expliquent que la plupart des projets effectués ou des prototypes d'algorithmes ou d'applications utilisant l'IA dans le cadre de programmes de formation ne permettent vraisemblablement pas de mener des projets à plus long terme ni de les appliquer dans d'autres domaines. D'autres enjeux identifiés par la communauté de pratique en IA concernent la reconnaissance et l'évaluation des niveaux de compétence. D'une part, une difficulté souvent rencontrée par les entreprises qui souhaitent recruter concerne la méconnaissance des contenus des formations associées à des diplômes obtenus en dehors du Québec. La réputation et le classement de l'université sont souvent les critères d'évaluation pour juger de l'équivalence de la formation, ce qui réduit la possibilité d'attirer des talents issus d'autres universités. D'autre part, on observe au sein des organisations une difficulté de reconnaissance des compétences acquises sur le terrain et en autoformation. Cela soulève un autre enjeu, car l'autoformation s'avère importante, notamment dans un contexte où le professionnel aura fort probablement à développer certaines compétences de manière individuelle dans le cadre de son emploi (Cayrat *et al.*, 2021).

De plus, dans nos échanges avec plusieurs représentants d'organisations, que ce soit les centres de recherche, les établissements d'enseignement ou les entreprises, les enjeux concernant le besoin de mise à jour des compétences des professionnels en informatique et en technologie de l'information et des communications (TIC) ont souvent été mentionnés. Ces personnes, qui travaillent en soutien aux systèmes informatiques des différentes organisations, ne possèdent pas toujours les compétences se rapportant directement à la partie technique de l'IA et des données massives. Et, même si elles les possèdent, les spécialistes en IA ont précisé que les compétences doivent être mises à jour de façon récurrente, car elles deviennent obsolètes en moyenne au bout de cinq ans. Ce sont des enjeux qu'il faut prendre en compte afin d'assurer la pérennité de l'utilisation des systèmes d'IA dans ces organisations.

### *Manque de compréhension des décideurs et des gestionnaires sur les possibilités et les enjeux de l'IA*

L'autre enjeu qui freine l'adoption de l'IA par les entreprises est le manque de compréhension par les décideurs et les gestionnaires des possibilités qu'elle offre et des enjeux qu'elle soulève. Certains décideurs sont attirés par tout ce qui est dit autour de l'IA et ne réalisent pas que cela ne peut pas directement s'appliquer à leur entreprise en raison du manque de ressources ou de connaissances. De plus, comme on l'a vu dans le passé avec les systèmes ERP, toutes les solutions ne s'appliquent pas à toutes les entreprises et, dans certains cas, elles ont besoin de structuration de leurs données et de leur processus avant de pouvoir même envisager de les valoriser. De plus, la plupart de temps, les entreprises ont surtout besoin d'analyses de données qui ne requièrent pas de système d'IA ni des investissements très coûteux.

À l'inverse, comme avec toutes les technologies émergentes, certaines applications de systèmes d'IA pourraient améliorer les modèles d'affaires, mais le manque de connaissance de telles possibilités ne permet pas de les exploiter. Ainsi, plusieurs entreprises n'utilisent pas l'IA faute de savoir reconnaître les besoins en ressources (humaines et financières), et ce, souvent en raison d'un manque d'expertise ou d'accompagnement et d'une mauvaise évaluation du niveau de maturité de leur organisation.

Si l'on reprend l'exemple de la maintenance prédictive, son utilisation repose sur l'analyse de données historiques, la surveillance en temps réel du comportement des machines et l'utilisation d'algorithmes d'apprentissage machine pour reconnaître les signes préliminaires des défaillances avant qu'elles ne se produisent. Si l'entreprise ne possède pas de telles données historiques structurées dans des bases de données, on peut considérer qu'elle n'a pas le niveau de maturité numérique pour utiliser l'IA. De plus, dans ce cas précis, il faudrait aussi qu'elle ait, qu'elle forme ou bien qu'elle engage une personne avec une expertise dans le secteur des capteurs intelligents et des algorithmes prédictifs. Dans ce cas spécifique, cela demande un investissement technologique et en ressources humaines. En même temps, une telle gestion devrait diminuer le nombre de pannes et, du coup, le nombre de personnes requises pour la maintenance. Une analyse coûts-bénéfices serait pertinente pour vérifier la rentabilité d'un tel projet. Toutefois, les décideurs ne possèdent pas toujours les connaissances nécessaires pour estimer leurs besoins de cette manière, et tous ne saisissent pas l'importance des conditions préalables. Il serait donc important de les former au moins à poser les bonnes questions et de s'assurer qu'ils ne se lancent pas dans un projet voué à l'échec ou qui ne sera pas pérenne simplement parce que personne ne saura en faire la « maintenance ».

Dans les échanges des participants de la communauté de pratique en IA, on mentionne souvent le besoin d'avoir des « traducteurs » ou des « professionnels d'interface » qui ont une compréhension générale de l'IA et de ses applications qui pourraient faire le lien et expliquer aux décideurs de façon moins technique et plus compréhensible ce que va apporter l'IA à leur organisation et surtout quels sont les facteurs de succès d'une adoption réussie de l'IA. Dans le rapport de TECHNOCompétences intitulé *Profil de la main-d'œuvre en IA, science des données et mégadonnées au Québec*, les experts ont identifié le profil de « traducteur de l'analyse des données » dans les besoins futurs en main-d'œuvre (Cayrat *et al.*, 2021).

De plus, les besoins de connaissances en éthique et en développement responsable de l'IA sont essentiels. Certains n'en ont même pas conscience. Et parmi les personnes qui sont sensibilisées aux enjeux des biais des algorithmes, notamment, plusieurs ne savent pas comment les prévenir.

Par ailleurs, certaines organisations ont pu avoir eu une première expérience de développement d'un système d'IA, mais être réticentes à continuer ; elles peuvent même freiner le processus de transformation. En effet,

## Rehausser le niveau de connaissances et de compétences en IA

selon Khomh (2021), même si de nombreux projets, réalisés en collaboration avec des équipes de recherche, permettent de développer des systèmes d'IA pour les entreprises, il semble qu'une fois le projet terminé, cela reste souvent à l'échelle du prototype ou de la preuve de concept, sans être réellement intégré à un modèle d'apprentissage profond entraîné dans un système qui fournirait un service. Cette implantation dans le système semble être difficile, notamment en raison du manque d'expertise à l'interne pour un tel suivi. « Une fois les algorithmes et codes mis en production, la maintenance des solutions devient cruciale. En ce sens, il est fort probable que des professionnels doivent être dédiés à diagnostiquer, investiguer et créer des outils permettant aux solutions de continuer à répondre aux besoins organisationnels. Les experts estiment qu'un poste de responsable de la maintenance des solutions d'IA serait relativement complexe à pourvoir » (Cayrat *et al.*, 2021).

Il arrive que des entreprises réalisent après coup qu'elles n'avaient pas toutes les conditions requises pour une adoption réussie ou pour que le projet soit pérenne à un coût raisonnable. D'où l'importance d'avoir une évaluation du niveau de maturité de l'entreprise pour l'adoption de l'IA. De plus, certaines solutions ont été développées comme des cas d'usages ou des prototypes à tester, mais ne sont pas encore utilisables à grande échelle. Il est donc important que les décideurs et les gestionnaires aient conscience de tels risques avant de se lancer dans un projet d'IA.

## Besoins de formation et transfert des connaissances en IA

Hadj (2020) soulève aussi que de nouveaux profils d'emplois émergent, notamment dans le domaine du développement des algorithmes d'apprentissage automatique et d'autres innovations numériques. La question de la formation de la main-d'œuvre en place, celle des nouveaux talents à venir et celle du perfectionnement professionnel de la main-d'œuvre actuelle dans des plans de formation adaptée, de même que le besoin qu'un effort particulier soit fait pour accroître l'offre de formation initiale dans les domaines du numérique et de l'IA, sont donc cruciaux.

Selon Munro (2019), les occasions de formation pour les travailleurs en emploi sont rares et réparties de façon inégale. « Moins du tiers des Canadiens et Canadiennes reçoivent une éducation non formelle liée à leur

emploi. Ceux qui en reçoivent n'ont droit qu'à 49 heures d'enseignement par année, ce qui est en deçà de la moyenne de 58 heures dans les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques » (Munro, 2019). Les travailleurs moins scolarisés, autochtones, âgés, ainsi que les travailleurs vivant dans des collectivités rurales et éloignées sont moins susceptibles de recevoir de la formation en milieu de travail. Dans le contexte de la transformation numérique, ces constats peuvent soulever des enjeux. Toutefois, avec la possibilité de formation en ligne, ce sont autant de nouvelles possibilités qui pourraient répondre à cet enjeu. Il serait donc important d'élargir l'accès à la formation des travailleurs en emploi grâce à la transformation numérique.

De nombreuses initiatives ont été mises en place au Québec à la fois par les établissements d'enseignement (cégeps et universités) et par les autres types d'acteurs, notamment les entreprises, en matière de formation et de transfert de connaissances en IA. Le gouvernement du Québec a créé plusieurs programmes de soutien à la formation et au rehaussement des compétences des travailleurs ainsi que plusieurs mesures afin d'appuyer la concrétisation de projets visant à accélérer le virage numérique des entreprises québécoises et à favoriser la croissance de PME innovantes grâce à un accompagnement spécialisé<sup>6</sup>. Ces mesures sont des retombées du Forum sur la requalification de la main-d'œuvre et sur l'emploi, qui a eu lieu en octobre 2020, au cours duquel les partenaires du marché du travail se sont tous entendus sur l'importance de mettre en place des outils et des stratégies de requalification et de rehaussement des compétences de la main-d'œuvre qui répondront aux défis du marché du travail<sup>7</sup>.

### *Nécessité de plans de formation adaptés aux transformations du marché du travail*

Les défis sont nombreux dans un contexte de transformation numérique et d'IA qui transforment le marché du travail. Comme le souligne un avis de la Commission de l'éthique en science et en technologie (CEST), « avec l'IA, la vitesse des changements technologiques pourrait être plus rapide qu'elle ne l'était précédemment. Ceci pourrait faire en sorte que certaines compétences soient recherchées seulement pour une courte période. Ainsi, un plus grand nombre de personnes pourraient devoir se requalifier à

## Rehausser le niveau de connaissances et de compétences en IA

plusieurs reprises au cours de leur carrière. De plus, un plus grand nombre de personnes pourraient ne pas perdre leur emploi, mais devoir suivre une formation parce que celui-ci se transforme » (CEST, 2021).

Le Baromètre CIRANO 2018 avait noté que 61 % des travailleurs étaient prêts à se former aux nouvelles technologies et à l'IA (De Marcellis-Warin et Peignier, 2018), que ce soit de façon formelle ou informelle. Dostie et Dufour (2020) regroupent sous l'étiquette « formation formelle » celles qui étaient les plus susceptibles d'être reconnues aux fins de la loi des dépenses de formations admissibles au Québec; cela inclut à la fois des ateliers, la formation scolaire, mais aussi toute formation se donnant hors des lieux de travail.

Selon le *Rapport sur les activités de formation déclarées pour l'année 2018 conformément à l'article 3 du règlement sur les dépenses de formation admissibles de la Direction générale des communications du ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale* (MTESS, 2021), les deux moyens de formation des travailleurs le plus souvent déclarés sont demeurés, au fil des ans, les formations offertes dans le cadre d'un plan de formation de l'entreprise (79,4 % en 2018) et celles offertes lors de colloques, de congrès ou de séminaires (72,6 % en 2018). « Lorsque stratifiées selon la taille de l'entreprise, les formations offertes lors de colloques, de congrès ou de séminaires sont les plus déclarées par les entreprises de plus petite taille (1 à 19 employés) et par les plus grandes (1 000 employés et plus). Les formations suivies auprès d'établissements d'enseignement reconnus sont les plus déclarées par les moyennes entreprises (100 à 999 employés) » (MTESS, 2021).

Plusieurs initiatives ont été mises en place au Québec du côté des établissements d'enseignement, instituts et centres de recherche, et d'autres acteurs. Que ce soit sur le plan de la formation initiale ou sur le plan de la formation continue, au collégial ou à l'université, de nouveaux programmes ont été créés et des programmes existants ont été modifiés (Quéré et McDuff, 2021). Les plus petites entreprises ont souvent plus de difficultés à trouver des formations adaptées et, surtout, elles n'ont pas la capacité d'envoyer leurs employés les suivre s'ils doivent pour ce faire s'absenter de leurs tâches. Certaines font donc appel à des organismes de soutien ou à des consultants pour les accompagner dans cette transformation; elles peuvent ainsi utiliser des programmes d'accompagnement soutenus par

l'État. Le gouvernement fédéral a mis en place un programme pour venir en aide aux personnes employées à temps plein qui souhaitent suivre des formations en intelligence numérique et en IA. L'organisation Scale AI octroie des ressources financières pour la formation en intelligence numérique<sup>8</sup>.

Dans certains cas, des formations sur mesure sont demandées par les entreprises, car elles n'existent pas encore dans le réseau des établissements d'enseignement. Le secteur privé s'investit de plus en plus dans l'enseignement, en particulier universitaire, soit pour répondre à ses propres besoins de main-d'œuvre et de personnel-cadre, soit pour développer de nouveaux marchés (FRQ, 2021). Les entreprises, notamment certains grands employeurs, se tournent principalement vers les entreprises éducatives (les « EdTech ») pour proposer des plans de formation à leurs employés adaptés aux besoins du marché, car elles considèrent que la vitesse d'adaptation des établissements d'enseignement public ne permet pas de le faire (et surtout qu'il n'y a pas de mécanisme où faire part de leurs besoins), la structure de leurs programmes étant peu flexible et leur offre de cours en ligne étant limitée. Les cours offerts par les EdTech sont perçus comme très utiles pour combler ce manque et acquérir des connaissances, mais il semble parfois difficile d'évaluer les compétences acquises. De plus, ces cours ne permettent pas d'interagir avec l'écosystème local de professeurs, de chercheurs et de consultants (De Marcellis-Warin, à paraître).

Certaines entreprises préfèrent développer leurs propres cours adaptés à leurs besoins en utilisant des ressources internes ou externes et en essayant d'évaluer les compétences acquises utiles pour l'organisation. Cela peut être fait dans le cadre d'université d'entreprises (Sausserau et Stepler, 2021) ou d'académies (IBM, EY, Deloitte, Microsoft, Amazon, Google, etc.). Ces formations internes augmentent les compétences des travailleurs et sont valorisées par l'entreprise elle-même. Toutefois, il semble difficile, pour les travailleurs, de valoriser cette formation en dehors de leur entreprise, car il n'y a pas de système de reconnaissance de compétences acquises dans les milieux. Certaines organisations vont utiliser le système de « badges » de LinkedIn Learning pour reconnaître les compétences acquises, mais cela reste encore limité.

Pour les travailleurs, se tourner vers des établissements d'enseignement pour acquérir des compétences en IA pourrait sembler naturel, mais ils n'ont pas le temps de se lancer dans un programme d'études en plus d'occuper leur emploi. Toutefois, ces travailleurs déclarent qu'ils auraient les capacités de le faire si le format était adapté, notamment avec des formations courtes, s'ils pouvaient utiliser leur milieu de travail comme un milieu d'application et s'ils avaient accès à une reconnaissance des compétences acquises dans leur environnement professionnel (De Marcellis-Warin, à paraître).

### *Transfert de connaissances et éveil aux possibilités de l'IA*

Dans le contexte de l'IA, le transfert de connaissances peut aussi se faire au moyen d'activités de collaboration, de recherche, d'accompagnement et de conseils. En effet, lors d'activités qui peuvent concerner le diagnostic (évaluation de l'état de maturité en IA de l'organisation afin de comprendre la situation actuelle et les besoins), la stratégie (accompagnement dans l'approche de l'utilisation de l'IA, conseils sur l'expérience à créer et les méthodes pour y arriver) ou l'exécution (développement de projets en IA et soutien pour l'utilisation de l'IA), cela peut déclencher un éveil et un intérêt à mieux comprendre l'IA pour les dirigeants, les gestionnaires et les travailleurs ainsi qu'un besoin de rehaussement des compétences.

Les entreprises collaborent aussi de plus en plus avec divers partenaires issus des milieux industriels, universitaires et gouvernementaux, entre autres. La collaboration est considérée comme l'un des facteurs les plus importants de la réussite de projets d'innovation (Solar-Pelletier *et al.*, 2020). Au Canada, de 2015 à 2017, 18,6 % des collaborations à des activités d'innovation ont été faites avec des universités, des collègues ou d'autres établissements d'enseignement supérieur<sup>9</sup>.

Les collaborations de recherche entre les établissements d'enseignement, les centres et les instituts de recherche visent aussi à élargir la base de connaissances (collaborations axées sur le savoir) ainsi que la collaboration axée sur la production de valeur économique et de richesse (collaborations axées sur la propriété) (Bozeman *et al.*, 2013). La recherche est généralement faite par les universités, puis transmise aux entreprises afin d'être implémentée dans leur fonctionnement. Or, ce modèle est souvent long et n'est pas toujours optimal, notamment en raison de la différence de

langage entre ces deux entités, mais aussi des objectifs qui ne sont pas toujours compatibles à court terme (Rajalo et Vadi, 2017). Des instituts, comme l'Institut de valorisation des données (IVADO)<sup>10</sup> ou l'Institut intelligence et données (IID)<sup>11</sup>, facilitent la collaboration et le transfert de connaissances entre les universités et les entreprises. Ces intermédiaires de recherche ont pour rôle de combler ces problèmes de langage, d'aider les entreprises à évaluer le potentiel de valorisation des données et d'orienter la recherche afin qu'elle réponde aux besoins des entreprises. Ils se définissent comme une porte d'entrée privilégiée pour les entreprises et les organisations souhaitant collaborer avec le milieu universitaire.

Certains centres de recherche appliquée, par exemple le Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM)<sup>12</sup> ou le Mila<sup>13</sup>, collaborent avec une grande variété d'organisations pour développer des projets, des plateformes et des partenariats axés sur l'IA afin d'accélérer l'innovation économique et sociale. Les entreprises et autres organisations peuvent aussi collaborer dans des activités de recherche impliquant des chercheurs et des étudiants. Certains projets de recherche-action favorisent un maillage entre la recherche et la pratique et permettent de répondre à des besoins réels et concrets dans les organisations, mais aussi de former de futurs talents. Les stages en milieu de pratique, les projets en entreprise et les projets de recherche collaboratifs qui impliquent des étudiants sont des moyens pour l'étudiant d'appliquer ses connaissances et de construire ses compétences sur le terrain. Mais cela peut aussi amener les entreprises à apprendre du stagiaire. De plus en plus de stages servent aussi d'intégrateurs aux étudiants étrangers qui peuvent ensuite mieux s'insérer dans un milieu professionnel, car leur stage leur permet de faire leurs preuves.

Cayrat *et al.* (2021) évoquent l'obligation d'offrir un stage ou une forme d'alternance études-emploi dans lequel l'étudiant suivrait des cours à l'université et mettrait parallèlement en pratique ses apprentissages dans une entreprise, incluant les entreprises en démarrage et les PME, afin de leur permettre d'être plongés dans la réalité organisationnelle en travaillant sur des projets à long terme (échelonnés sur la durée complète du cursus) et impliquant de vrais utilisateurs.

## Quelques pistes d'action

### *Augmenter le niveau de connaissances sur ce qu'est l'IA*

Dans un contexte de transformation numérique et d'une utilisation croissante des technologies et de l'IA dans la société, le besoin en compétences numériques de base est croissant, mais il faut aussi savoir et comprendre ce qu'est l'IA. Laufer (2020) disait que « l'acceptabilité sociale des systèmes d'IA est compromise par le statut ambigu du terme « artificiel », qui a une connotation négative et inférieure à la nature ». Roberge *et al.* (2019) ont montré dans leur étude que la littératie numérique est vue comme un facteur important de la réussite du développement et de l'implémentation des technologies employées dans les villes intelligentes.

Long et Magerko (2020) fournissent une définition concrète de la littératie en IA basée sur les recherches existantes : « c'est un ensemble de compétences qui permettent aux individus d'évaluer de manière critique les technologies de l'IA, de communiquer et de collaborer efficacement avec l'IA ; et d'utiliser l'IA comme outil en ligne, à la maison et sur le lieu de travail ». Dans certains cas, l'IA peut servir de soutien aux activités des travailleurs. Il est donc important de s'assurer de mettre en place des activités qui peuvent permettre à chacun de mieux comprendre ce qu'est l'IA. Cela conduira à éveiller - si pertinent - au besoin de compétences pour utiliser l'IA dans les tâches professionnelles ou encore pour comprendre sa valeur pour l'organisation et ainsi amener les individus à choisir un plan de formation adapté à leurs besoins. Les activités d'accompagnement ou de de collaboration de recherche qui permettent le transfert de connaissances peuvent aussi permettre de reconnaître un besoin de rehaussement des compétences.

### *Augmenter les connaissances des décideurs et des gestionnaires sur les potentiels d'application de l'IA et les besoins de compétences associés*

Que ce soit par des formations ou des conseils, le niveau de compréhension des dirigeants d'entreprises, des gestionnaires et des décideurs sur les potentiels de l'IA et les enjeux associés doit être renforcé afin de leur

permettre de poser les bonnes questions, de prendre les bonnes décisions concernant une utilisation responsable de l'IA et de les aider à déterminer les ressources nécessaires pour l'adoption de l'IA et pour le maintien de la pérennité de leurs projets. Dans certaines régions, des entreprises collaborent pour former leurs employés ou partagent des ressources technologiques. On cite souvent l'exemple de Rivière-du-Loup, avec Premier Tech<sup>14</sup> qui offre des formations et qui collabore avec le centre collégial de transfert de technologie (CCTT) sous la responsabilité du Cégep de Rivière-du-Loup.

En plus de cours spécialisés qui leur seraient consacrés, une pratique innovante consisterait à leur permettre d'avoir des échanges avec des gestionnaires qui ont adopté l'IA dans d'autres secteurs par exemple et de leur permettre de continuer ces échanges après la formation. Même s'il ne s'agit pas de créer des communautés de pratique en bonne et due forme, il est important pour les décideurs, notamment de PME, d'avoir des possibilités d'échanges sur les enjeux qui touchent le niveau de maturité de leur organisation, sur les besoins en formations et sur les défis qui les attendent.

### *Renforcer la collaboration entre les établissements d'enseignement et les entreprises pour soutenir des programmes sur mesure de rehaussement des compétences en IA et reconnaître les compétences acquises en emploi*

Cela serait aussi une piste pour la mise à jour des compétences des travailleurs et, notamment, des techniciens et du personnel nécessaire au maintien, à l'entretien et à la mise à niveau des infrastructures et des outils nécessaires à l'IA. Ces éléments rejoignent les réflexions plus larges sur l'adoption de profils de compétences des travailleurs et une reconnaissance des formations développées par les milieux et la mise en place d'attestation validant l'acquisition des compétences. Myers *et al.* (2019) expliquent que l'Ontario a lancé une campagne de sensibilisation pour promouvoir les microcertifications auprès des apprenants et des employeurs. Des établissements d'enseignement ont été sollicités pour collaborer avec des entreprises demandant ces offres de formation. Il serait donc utile de vérifier la possibilité d'offrir au Québec aussi des programmes de formation sur mesure pour effectuer des mises à jour de compétences tout en profitant du milieu de travail pour appliquer les techniques et les connaissances apprises dans les cours.

## Conclusion

Les besoins de talents dans le domaine de l'intelligence numérique et de l'IA sont en croissance dans tous les secteurs d'activité au Québec. Dans un contexte de pénurie de main-d'œuvre, le besoin de nouvelles compétences ne peut pas se faire uniquement en recrutant de nouvelles ressources, il faut aussi miser sur ses ressources internes et les former.

La première condition de succès est de s'assurer que les décideurs et les gestionnaires ont une bonne connaissance des possibilités de l'IA pour leur organisation. Comme on l'a vu précédemment, il y a parfois un manque de compréhension de ce qu'est l'IA et ce que son utilisation demande comme ressources technologiques, informationnelles et humaines pour pouvoir l'appliquer. Au contraire, il y a parfois un manque de vision sur les possibilités que son utilisation pourrait apporter.

La nécessité d'offrir des formations mieux adaptées aux travailleurs et de reconnaître les compétences développées en emploi et par l'autoformation est une autre condition de succès.

Mais avant même de parler de formation en intelligence numérique et en IA, il est primordial de s'assurer d'un niveau de base en littératie numérique<sup>45</sup> et d'une connaissance de ce qu'est l'IA pour l'ensemble de la population et pour les travailleurs.



## Références

Boivin, P. et Breton, G. (2018). *Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*. Comité d'orientation de la grappe en intelligence artificielle. [api.forum-ia.devbeet.com/app/uploads/2020/09/strategie-ia-vdef-19-juin-2018-v8.pdf](https://api.forum-ia.devbeet.com/app/uploads/2020/09/strategie-ia-vdef-19-juin-2018-v8.pdf).

Bozeman, B., Fay, D. et Slade, C. P. (2013). Research collaboration in universities and academic entrepreneurship: The-state-of-the-art. *The Journal of Technology Transfer*, 38(1), 1-67. <https://doi.org/10.1007/s10961-012-9281-8>.

Cayrat, C., Sigouin-Lebel, P. et Poirier Saint-Pierre, G. (2021). *Profil de la main-d'œuvre en intelligence artificielle, science des données et mégadonnées au Québec*. Rapport de TECHNOCompétences. [technocompetences.qc.ca/wp-content/uploads/2021/05/TC\\_Profil-Main-Doeuvre\\_Planche\\_18052021.pdf](https://technocompetences.qc.ca/wp-content/uploads/2021/05/TC_Profil-Main-Doeuvre_Planche_18052021.pdf).

Commission éthique en sciences et technologie (CEST). (2021, juillet). Les effets de l'intelligence artificielle sur le monde du travail et la justice sociale. Avis de la CEST. [ethique.gouv.qc.ca/fr/publications/les-effets-de-l-intelligence-artificielle-sur-le-monde-du-travail-et-la-justice-sociale/](http://ethique.gouv.qc.ca/fr/publications/les-effets-de-l-intelligence-artificielle-sur-le-monde-du-travail-et-la-justice-sociale/).

Deloitte. (2020). Talent and workforce effects in the age of AI. Insights from Deloitte's State of AI in the Enterprise (2<sup>e</sup> édition). Sondage. [2.deloitte.com/us/en/insights/focus/cognitive-technologies/ai-adoption-in-the-workforce.html](https://2.deloitte.com/us/en/insights/focus/cognitive-technologies/ai-adoption-in-the-workforce.html).

De Marcellis-Warin, N. (à paraître). *Analyse comparative d'écosystèmes en IA dans le but de repérer les pratiques innovantes en matière de formation et de transfert de connaissances*. Rapport CIRANO-OBVIA pour le Forum IA et le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle (PIA).

De Marcellis-Warin, N. et Dostie, B. (2020). *Le Québec économique 9 : perspectives et défis de la transformation numérique*. CIRANO. [cirano.qc.ca/fr/sommaires/2020LI-01](http://cirano.qc.ca/fr/sommaires/2020LI-01).

De Marcellis-Warin, N. et Mondin, C. (2021). *Les pratiques numériques des professionnels au Québec : état des lieux et pistes de réflexion pour accompagner le virage numérique*. Rapport CIRANO-OBVIA pour le Conseil interprofessionnel du Québec, 2021RP-14. <https://cirano.qc.ca/fr/sommaires/2021RP-14>.

De Marcellis-Warin, N. et Peignier, I. (2018). *Perception des risques au Québec*. Baromètre CIRANO 2018. DOI : <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.7575584>.

Dostie, B. et Dufour, G. (2020). Transformation numérique et formation continue. Dans N. de Marcellis-Warin et B. Dostie (dir.), *Le Québec économique 9. Perspectives et défis de la transformation numérique* (chap. 8, p. 221-246). CIRANO.

Dutton, T., Barron, B. et Boskovic, G. (2020). *L'ère de l'IA. Rapport sur les stratégies nationales et régionales en matière d'IA*. Institut canadien de recherches avancées (CIFAR), 1.

Gobeil-Proulx, J. (2021). Recension des besoins en compétences suscités par le développement et la mise en œuvre de l'IA, Rapport OBVIA pour le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle (PIA).

Fonds de recherche du Québec (FRQ). (2021). *L'université québécoise du futur. Tendances, enjeux, pistes d'action et recommandations*. [cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/education/publications-adm/rapport-reflexion-consultation/Rapport-universite-quebecoise-futur.pdf?1613746721](http://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/education/publications-adm/rapport-reflexion-consultation/Rapport-universite-quebecoise-futur.pdf?1613746721).

Hadj, B. (2020). L'intelligence artificielle : un puissant levier de développement économique pour le Québec (chap. 3). Dans N. de Marcellis-Warin et B. Dostie (dir.), *Le Québec économique 9. Perspectives et défis de la transformation numérique*. CIRANO.

IBM. (2018). *Shifting toward Enterprise-grade AI. Resolving data and skills gaps to realize value*. Institute for Business Value. [ibm.com/downloads/cas/QQ5KZLEL](http://ibm.com/downloads/cas/QQ5KZLEL).

Khomh, F. (2021). Projet de création du programme MEAIS (Master in Engineering of AI-based Software Systems). Rapport d'étude de Polytechnique Montréal, Semla et IVADO.

Kim, J. et Park, C-Y. (2020). Education, skill training, and lifelong learning in the era of technological revolution: A review. *Asian-Pacific Economic Literature*, 34(2), 3-19. <https://doi.org/10.1111/apel.12299>.

## Rehausser le niveau de connaissances et de compétences en IA

Lauffer R. (2020). The social acceptability of AI systems. *Artif Intell Crit Concept, Considerations*, CHI '20: Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, April 2020 Pages 1–16, [doi.org/10.1145/3313831.3376727](https://doi.org/10.1145/3313831.3376727).

Long, D. et Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>.

Ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale (MTESS). (2021). Rapport sur les activités de formation déclarées pour l'année 2018 conformément à l'article 3 du règlement sur les dépenses de formation admissibles. Dans *Loi favorisant le développement et la reconnaissance des compétences de la main-d'œuvre*. [cpmt.gouv.qc.ca/publications/index.asp](http://cpmt.gouv.qc.ca/publications/index.asp).

Munro, D. (2019). *Compétences, formation et apprentissage continu*. Forum des politiques publiques. [ppforum.ca/fr/publications/competences-formation-et-apprentissage-continu/](http://ppforum.ca/fr/publications/competences-formation-et-apprentissage-continu/).

Myers, K., Pasolli, K. et Harding, S. (2019). *Skills-Training Reform in Ontario: Creating a Demand-Driven Training Ecosystem*. Ontario 360. [on360.ca/policy-papers/skills-training-reform-in-ontario-creating-a-demand-driven-training-ecosystem/](http://on360.ca/policy-papers/skills-training-reform-in-ontario-creating-a-demand-driven-training-ecosystem/).

Quéré, S. et McDuff, E. (2021). *Inventaire des composantes de formations en IA*. Rapport du Bureau de recherche institutionnelle de l'Université du Québec à Montréal pour le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle (PIA).

Roberge J, Jamet, R.; Nantel, L.; Senneville, M. et Tchéhouali, D. (2019). Baromètre ville intelligente, intelligence artificielle et culture algorithmique : une comparaison Montréal, Toronto et Vancouver INRS - Centre Urbanisation Culture Société, Québec.

Saussereau, L. et Stepler, F. (dir.). (2002). *Regards croisés sur le management du savoir. Vers les universités d'entreprise*. Paris, Éditions d'Organisation, collection « Livres outils ».

Sécher, M.-C., Por, R. et Simon, L. (2021, 26 mars). L'intelligence artificielle en gestion : une communauté d'exploration créée pour aller plus loin. *Revue Gestion*. [revuegestion.ca/lintelligence-artificielle-en-gestion-une-communaute-dexploration-creee-pour-aller-plus-loin](http://revuegestion.ca/lintelligence-artificielle-en-gestion-une-communaute-dexploration-creee-pour-aller-plus-loin).

Solar-Pelletier, L., Beaudry, C. et Zhegu, M. (2020). Collaboration et innovation : comment la transformation numérique change la donne (chap. 6). Dans N. de Marcellis-Warin et B. Dostie (dir.), *Le Québec économique 9. Perspectives et défis de la transformation numérique*. CIRANO.

Starfield, B., Shi, L., et Macinko, J. (2005). Contribution of primary care to health systems and health. *Milbank Quarterly*, 83(3), 457-502. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0009.2005.00409.x>.

## Notes

1. Ce point de vue est basé sur des recherches faites dans le cadre de deux mandats de recherche du CIRANO et de l'Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique (OBVIA), l'un pour le Conseil interprofessionnel du Québec et l'autre pour le Forum IA Québec et le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle (PIA). Plusieurs experts ont participé à la réflexion autour de l'utilisation de l'IA dans les organisations, des besoins de compétences en IA et de la formation en IA. De nombreuses rencontres ont été organisées avec des professionnels et des représentants de plusieurs ordres professionnels, des chercheurs, des enseignants ainsi que des décideurs et des gestionnaires de petites et de grandes entreprises.

Je remercie mes collègues Benoit Dostie et Thierry Warin (HEC Montréal), Genevieve Dufour (CIRANO), Lyse Langlois (OBVIA), ainsi qu'Audrey Murray (CPMT), Anne-Marie Hubert (EY), Marc Beaudoin et Francis Fortier (CIQ), Marie-Paule Jeansonne et Réjean Roy (Forum IA Québec), Benoit Pagé et Sylvie Normandeau (PIA). Je remercie les membres de la communauté d'exploration sur l'IA en gestion qui ont enrichi les réflexions. Je remercie aussi Christophe Mondin, Ariane Durand et Juliette Lhuisset pour leur collaboration aux projets de recherche au CIRANO ainsi que Molivann Panot qui a contribué à la rédaction de ce point de vue.

2. Pour avoir la définition complète, consultez le site : [forumia.quebec/intelligence-artificielle](http://forumia.quebec/intelligence-artificielle).
3. Pour plus de détails sur la communauté de pratique, vous pouvez consulter le lien suivant : [revuegestion.ca/lintelligence-artificielle-en-gestion-une-communaute-dexploration-creee-pour-aller-plus-loin](http://revuegestion.ca/lintelligence-artificielle-en-gestion-une-communaute-dexploration-creee-pour-aller-plus-loin).
4. Pour plus de détails sur les méthodologies, voir De Marcellis-Warin et Mondin, 2020 et De Marcellis-Warin, à paraître.
5. Un professionnel est un membre enregistré auprès d'un des 46 ordres professionnels du Québec, et est titulaire d'un permis décerné par l'un de ces ordres. Nous avons regroupé les réponses des 46 ordres professionnels autour de 3 grands secteurs : Droit, administration et affaires (DAA), Génie, aménagement et sciences (GAS), ainsi que Santé et relations humaines (SRH). Il s'agissait d'avoir une représentation de chaque secteur d'activité afin de suivre au mieux la proportion des professionnels dans chaque secteur.
6. Pour plus de détails à ce sujet, consultez le site : [quebec.ca/nouvelles/actualites/details/rehaussement-des-competences-et-virage-numerique-le-ministre-jean-boulet-confirme-10-m-pour-soutenir-les-entreprises-en-pleine-transition-numerique-dans-la-gestion-de-leurs-ressources-humaines-31411](http://quebec.ca/nouvelles/actualites/details/rehaussement-des-competences-et-virage-numerique-le-ministre-jean-boulet-confirme-10-m-pour-soutenir-les-entreprises-en-pleine-transition-numerique-dans-la-gestion-de-leurs-ressources-humaines-31411).
7. Pour plus de détails sur le forum, consultez le site : [quebec.ca/nouvelles/actualites/details/forum-virtuel-sur-la-requalification-de-la-main-doeuvre-et-sur-lemploi-le-gouvernement-et-les-partenaires-du-marche-du-travail-tous-dans-la-meme-direction](http://quebec.ca/nouvelles/actualites/details/forum-virtuel-sur-la-requalification-de-la-main-doeuvre-et-sur-lemploi-le-gouvernement-et-les-partenaires-du-marche-du-travail-tous-dans-la-meme-direction).
8. Pour plus de détails à ce sujet, consultez le site de Scale AI à l'adresse suivante : [scaleai.ca/fr/formation/](http://scaleai.ca/fr/formation/).
9. Source : Statistique Canada, tableau 27-10-0178-01.
10. Pour plus de détails à ce sujet, consultez le site de IVADO à l'adresse suivante : [ivado.ca/](http://ivado.ca/).
11. Pour plus de détails à ce sujet, consultez le site de l'Institut intelligence et données à l'adresse suivante : [iid.ulaval.ca/services/#Opportunités-pour-entreprises](http://iid.ulaval.ca/services/#Opportunités-pour-entreprises).
12. Pour plus de détails à ce sujet, consultez le site du CRIM à l'adresse suivante : [crim.ca/fr/](http://crim.ca/fr/).
13. Pour plus de détails à ce sujet, consultez le site du Mila à l'adresse suivante : [mila.quebec/industrie-et-partenariats/](http://mila.quebec/industrie-et-partenariats/).
14. Pour plus de détails à ce sujet, consultez le site de Premier Tech à l'adresse suivante : [premiertech.com/fr](http://premiertech.com/fr).
15. Cela concerne le cadre de référence de la compétence numérique qui a été développé. Source : [education.gouv.qc.ca/fileadmin/site\\_web/documents/ministere/Cadre-referenc-competece-num.pdf](http://education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/ministere/Cadre-referenc-competece-num.pdf).