L'innovation numérique et ses enjeux dans le contexte de l'internationalisation: Le rôle de l'écosystème des PME et des organismes intermédiaires en IA

RÉSUMÉ

Dans le contexte actuel, les entreprises font face à une transformation numérique accélérée, en lien avec l'intelligence artificielle (IA); elles doivent valoriser leurs données, mais aussi intégrer l'IA dans leur activité. Malheureusement, de nombreuses entreprises ne sont pas prêtes à réaliser ces transformations et se tournent vers des experts ou des prestataires de services pour bénéficier de solutions technologiques et d'un accompagnement personnalisé. Cet article examine l'écosystème de l'IA de Montréal à travers une enquête qualitative incluant trois groupes de discussion (focus group), trois réunions de co-construction, ainsi que 25 entretiens semi-structurées réalisés avec des experts (2020). Cette analyse met en lumière les dynamiques des acteurs clés, qui sont principalement de petites entreprises, mais aussi des organisations de soutien ou intermédiaires.

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, diverses recherches se sont intéressées au concept d'écosystème d'affaires (ES) ou '*entrepreneurial ecosystems'* (EEs) (Brydges et al., 2021), afin de faire face à une concurrence internationale qui sévit dans le monde digital. Le nouvel écosystème d'affaires de l'Intelligence Artificielle (IA) montréalais est composé d'un ensemble de parties-prenantes ayant des objectifs communs, développant des collaborations intersectorielles et industrielles pour accroître leur compétitivité (Lu et *al*., 2014 ; Moore, 1993, 2006). Les organismes intermédiaires et de recherche, ainsi que les fournisseurs de logiciels et de services (*AI-based solutions*), jouent un rôle stratégique au sein de l'écosystème de l'IA car ils permettent de cocréer de la valeur (Leone et al., 2021) en intégrant ou développant des projets IA dans les entreprises et en renforçant la place de Montréal sur la scène nationale et internationale.

Cet écosystème permet aux PME de co-développer des solutions en partenariat avec différents secteurs, entreprises, acteurs et chercheurs afin de créer des nouveaux produits parfois innovants. Les fournisseurs de services jouent un rôle déterminant dans l'accompagnement de la transformation numérique des PME et des entreprises manufacturières au Québec, lesquelles accusent souvent un retard technologique important et peinent à relever les défis de l'industrie 4.0. L'écosystème, et la possibilité de recourir aux échanges d'information dans le cadre des événements organisés par les organismes intermédiaires, permettent aux PME de compenser leurs faiblesses internes en matière d'expertise en IA. Un tel écosystème offre aux acteurs un accès facilité aux ressources nécessaires au déploiement de projets en IA, tout en favorisant une dynamique propice au développement et à la maturation de l'ensemble de l'écosystème d'affaires. «*The evolution of the ecosystems was the results of those different stakeholders' (agents) self-decision and interactions* (Moore, 1993)» (Lu et *al*., 2014 : 4580). Cette première compréhension de l'écosystème d'affaires émergent en IA à Montréal jette les bases d'analyses futures sur les

rôles et stratégies de ses différentes parties-prenantes (Freeman, 1999, 1984, 1994 ; Kim, 2016 ; Bonollo et al., 2019) afin de proposer un *roadmap* détaillé. C'est grâce à une recherche qualitative approfondie que nous pouvons exposer la dynamique de valorisation de l'écosystème émergent et de ses parties-prenantes, notamment les organismes intermédiaires et les fournisseurs de solutions IA.

Dans le contexte de l'Industrie 4.0 et du développement rapide des nouvelles technologies, les entreprises sont confrontées à la nécessité de se transformer numériquement. Avec l'expansion grandissante de l'IA, elles doivent structurer et valoriser leurs données tout en intégrant cette technologie dans leurs opérations. Cependant, un grand nombre d'entre elles ne disposent pas des ressources internes nécessaires pour mener cette transition à bien et sollicitent l'expertise de consultants spécialisés, qui agissent en tant que prestataires de services. Ce besoin a conduit à une croissance significative de l'offre de fournisseurs dans cet écosystème technologique et économique, offrant des solutions basées sur l'IA, tant à travers des logiciels qu'un accompagnement sur mesure.

Nous analysons ici le rôle de ces prestataires de services technologiques dans la transformation numérique des entreprises, dans le contexte de l'écosystème IA plus large et de son soutien à la numérisation des entreprises. Nous avons réalisé une enquête qualitative basée sur la rencontre de trois groupes de discussion (focus group), trois réunions de co-construction sur Zoom et Miro, ainsi que 25 interviews semi-structurées avec des experts tout au long de l'année 2020. Cela nous a permis de rendre compte des dynamiques des acteurs clés, qui sont principalement de petites entreprises, mais aussi des organisations de soutien ou intermédiaires.

Notre recherche sur la définition des compétences (PIA-C01) pour la gestion de projets en intelligence artificielle (IA) visait à déterminer les compétences fondamentales requises à la gestion de projets intégrant l'IA au sein des organisations, en vue, entre autres, d' identifier des prestataires de services pouvant y contribuer, y compris d'un point de vue éthique et durable (qui ne sera pas traité ici, mais dans Yagoubi, Tremblay, Psyché, 2021). L'intégration de contenus IA, la gestion de l'IA, et l'organisation du travail dans un contexte d'IA figurent parmi les principaux sujets abordés dans cette recherche. Nous nous concentrons ici sur une dimension spécifique, à savoir le rôle des prestataires de services technologiques dans la transformation numérique des entreprises, ainsi que la composition de l'écosystème IA plus large et son soutien à la numérisation des entreprises pour faire face à la concurrence internationale et leur alignement sur la feuille de route de l'Industrie 4.0 au Québec.

Cet article est structuré comme suit. Nous présentons d'abord le contexte de la numérisation et l'apparition de nouveaux acteurs dans l'écosystème IA du Canada, et plus particulièrement du Québec. Nous présentons ensuite notre cadre théorique et la méthodologie utilisée pour la collecte de données, ainsi que leur traitement. Ensuite, à la suite d'une analyse thématique de nos interviews, nous présentons les résultats de notre analyse qualitative sur ce qui est nécessaire pour les gestionnaires de projets d'IA et les prestataires de services technologiques afin d'aider les entreprises, en particulier les PME, à réaliser leur transformation numérique et à faire face à la mondialisation. En effet,

certaines entreprises et industries rencontrent des difficultés à moderniser leurs installations pour faire face à la concurrence internationale, notamment dans le secteur manufacturier ; beaucoup sont méfiantes à l'égard des changements technologiques et préoccupées par la question de la protection de leurs données.

Bien que l'espace nous manque pour traiter en profondeur cette question ici, nous l'avons abordée ailleurs (Yagoubi, Tremblay, Psyché, 2021) : la dimension éthique revêt une importance particulière, car de nombreuses entreprises et organisations expriment des préoccupations quant à la sécurité et à la gestion éthique des données liées à l'IA.

L'ÉCOSYSTÈME DE L'IA AU CANADA

Ces dernières années, l'IA est devenue un secteur économique en forte croissance au Canada. Le nombre de créations d'entreprises d'IA a connu une hausse phénoménale et le nombre d'investissements dans ces entreprises continue d'augmenter (Mantha et *al.* 2019). Nous constatons que ce sont principalement les fournisseurs de solutions et de logiciels d'IA qui deviennent des acteurs importants : « Nous voyons que le nombre de nouvelles entreprises nettes est en baisse, le financement des start-up se déplace vers une phase plus avancée du cycle de vie et les fournisseurs de solutions IA prennent une part de plus en plus importante du marché global des solutions d'entreprise » (Mantha et *al.* 2019).
Parallèlement au secteur commercial, le Canada est un leader mondial en recherche sur l'IA. Au Québec, on retrouve une concentration d'acteurs majeurs dans ce domaine : centres de recherche, centres de formation, entreprises, Centres de transfert technologique (CTT), entre autres. Certaines données illustrent cette dynamique (Mantha et al., 2019) : 70 grandes entreprises disposent de laboratoires de recherche en IA au Canada, et la recherche en IA contribue à 50 % des solutions commerciales des entreprises canadiennes. Selon une étude récente de ZeroBounce, le Canada se positionne parmi les leaders, occupant le cinquième rang en matière de progrès dans le domaine de l'IA, devant des pays comme l'Allemagne, la France et Singapour, et juste après Israël et le Royaume-Uni, la Chine et les États-Unis étant en tête (ZeroBounce. 2023).

De plus, de nombreuses initiatives sont en cours de développement au Canada en matière de gouvernance numérique, de données et d'IA. Parmi celles-ci figure la politique canadienne en matière d'IA, pilotée par l'Institut Canadien de Recherche Avancée (ICRA), fondé en 1982, qui établit des plans stratégiques visant à promouvoir le développement numérique et de l'IA aux niveaux national et international. L'organisation dispose d'un budget annuel de 41 millions de dollars, avec plus de 400 chercheurs - dont 20 lauréats du prix Nobel - répartis dans plus de 130 institutions (ICRA, s.d.). L'ICRA a contribué à deux initiatives importantes. La première initiative, dirigée par le Conseil canadien des normes (CCN), est la création d'un comité qui participe aux consultations et aux débats dans les écosystèmes qui établissent de telles normes : le collectif du *Canadian Data Governance Standardization Collaborative*. Ce collectif coordonne le travail, accélère la création de normes, rend compte de la situation nationale concernant la normalisation de la gestion des données et formule des recommandations (CCNGD, 2019). La seconde initiative est la Charte numérique du Canada, qui regroupe 10 principes (CNN, 2019, p. 18) et de nouvelles idées. Par exemple, aborder la haine et le langage extrémiste sur les plateformes numériques (CCN, 2019 : Principe 9) ; accès à des plateformes numériques

gouvernementales ouvertes, modernes, faciles à utiliser et performantes (CCN, 2019 : Principe 5) ; régulation de l'économie numérique pour favoriser une concurrence saine entre les entreprises, mais aussi pour garantir que les consommateurs soient les principaux bénéficiaires d'un marché florissant (CCN, 2019 : Principe 6). Au niveau international, à partir de 2019, l'ICRA participe également à la diffusion des principes de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) sur l'IA centrée sur l'humain et le bien-être. Ces principes reposent sur cinq critères principaux (OCDE, 2019) :

1. Une innovation IA réalisée selon les objectifs de développement durable : promouvoir l'alliance des dimensions sociale, écologique et économique ;
2. L'importance d'une IA conforme aux lois humaines, formelles et informelles : « lois, droits humains, valeurs démocratiques », etc. (OCDE, 2019) ;
3. Une IA sensible aux enjeux de cybersécurité ;
4. La transparence ;
5. La responsabilité.

CADRE THÉORIQUE

Dans cette section, nous identifions les nouvelles entreprises et experts au Québec offrant de nouveaux services aux entreprises pour développer l'IA. Ce sont des fournisseurs de solutions et de logiciels d'IA. Ces acteurs importants soutiennent la transformation numérique des PME qui n'ont souvent pas les moyens d'avoir un département IA.

Ces fournisseurs de services aideront l'industrie 4.0 et les fabricants soit à entreprendre la transition numérique s'ils n'ont pas de données, soit à développer une maturité numérique. Notons que par ailleurs, on enregistre de plus en plus de collaborations entre divers domaines et pays. « C'est pourquoi, dans un tel contexte de bouleversement technologique, les collaborations interentreprises, intersectorielles et internationales sont très importantes. C'est ce que nous avons observé en analysant le développement d'un écosystème d'affaires d'innovations technologiques et numériques sur le marché des *wearables* » (Tremblay, Yagoubi, 2017a).

La structuration d'un écosystème d'affaires (ES) dédié à l'IA à Montréal, au Québec et au Canada, impliquant des interactions avec divers acteurs (Clarkson, 1995 ; Freeman, 1994, 1984), peut renforcer la dynamique d'échanges et de collaboration, ce qui peut être favorable au développement de projets. Elle permet non seulement aux différents acteurs - centres de recherche, chercheurs, entreprises, etc. - de renforcer leur visibilité, mais également de tisser des liens et de créer des opportunités aussi bien commerciales, qu'en matière de R&D, en mobilisant des start-ups, centres de recherche technologique et organisations disposant de programmes de financement.

Un tel écosystème d'affaires (ES) réservé à l'IA repose ainsi sur la contribution d'un réseau d'acteurs clés, stratégiques et pivots (Peltola, Aarikka-Stenroos, Viana, & Mäkinen, 2016 ; Bonollo et al., 2019, p. 6), ainsi que d'acteurs de niche (Bonollo et al., 2019 ; Boutillier et Uzunidis, 2010), tels que des fournisseurs, des entreprises, des organisations, des gouvernements à divers niveaux, des Centres de Transfert de Technologie (CTT), des Centres de Recherchec., etc. Il est essentiel de favoriser les relations « entre les institutions (scientifiques, technologiques, industrielles, commerciales, financières, politiques), privées et publiques (entreprises, laboratoires de recherche et d'ingénierie, administrations, etc.) » (Boutillier et Uzunidis, 2010, p. 4) et de promouvoir « la collaboration intersectorielle » (Lu et al., 2014, p. 4579). Cela s'est vérifié, par exemple, dans nos recherches portant sur les vêtements intelligents, où les collaborations sont à la fois intersectorielles et souvent internationales, avec un rôle central joué par les fournisseurs de logiciels (Yagoubi, Tremblay, 2017b).

Toutefois, dans un tel écosystème, les rôles des différents acteurs ne sont pas fixes ; ils s'adaptent selon les caractéristiques de l'environnement local, ce qui renforce la capacité de l'écosystème à évoluer face à de nouvelles situations. Avec le déploiement des écosystèmes technologiques et numériques, les frontières entre les industries deviennent de plus en plus floues. On retrouve des caractéristiques communes dans tous les écosystèmes d'affaires (ES), un concept développé par Moore (1996, 2006) et que l'on peut résumer ainsi :

- Les acteurs sont hétérogènes et peuvent être des entreprises (fournisseurs, producteurs, etc.), des organismes institutionnels, des groupes d'intérêts, des actionnaires, etc. Ils peuvent appartenir à un ou plusieurs écosystèmes.
- Les acteurs de l'écosystème d'affaires appartiennent à différents secteurs d'activité. Cette situation est renforcée dans le contexte de convergence entre plusieurs industries : technologie de l'information, télécommunications et médias qui se restructurent autour des TIC et de l'Internet (Gossain, Kandiah, 1998 ; Isckia, 2009). La notion même d'industrie semble disparaître dans une certaine mesure.
- « La logique concurrentielle est fondée sur la dynamique coopérative avec l'émergence d'un ou plusieurs leaders dont la position peut changer en fonction de l'évolution des ressources et des compétences des entreprises impliquées (traduction de Daidj, 2011, pp. 114-115) » (Yagoubi, Tremblay, 2017b, p. VIII).

Enfin, un écosystème d'affaires (ES) est une réponse stratégique des entreprises de toutes tailles, qui doivent s'adapter rapidement aux nouveaux défis technologiques et économiques, mais aussi aux nouveaux besoins des clients, en offrant le plus que possible des solutions innovantes (Moore, 1993). À cet égard, il est essentiel d'analyser les rôles des acteurs au sein de cet écosystème, non seulement dans les entreprises, mais aussi dans le développement technologique de l'industrie 4.0 et des PME, qui affichent encore un certain retard dans leur transformation numérique. Nous nous penchons ici sur les acteurs engagés dans le soutien aux entreprises pour l'intégration de l'IA.

Un tel écosystème se rapproche du concept de 'entrepreneurial ecosystems (EEs)' défini par Spilling (1996) comme étant composé d'une *"complexity and diversity of actors, roles and environmental factors that interact to determine the entrepreneurial performance of a region or locality"* (Brydges et al, 2021: 3). L'EE englobe également différentes parties prenantes (privés/publics) qui collaborent pour soutenir de nouveaux développementsd'affaires dans une région.

MÉTHODOLOGIE

Notre méthodologie repose sur une approche qualitative (Miles, Huberman, 1994 ; Paillé, Mucchielli, 2008). Nous avons réalisé une revue systématique de la littérature, laquelle a permis de concevoir des outils méthodologiques pertinents (par exemple, des questions ciblées) pour une large consultation (c'est-à-dire des entretiens et des groupes de discussion) avec des experts de l'écosystème IA de Montréal et du Québec. Nous avons adopté une démarche exploratoire, inductive et prospective, visant à analyser l'évolution des entreprises et de leurs modèles d'affaires dans le contexte de déploiement d'un projet en IA. Cette approche nous permet de mieux comprendre les défis et réalités rapportés par les experts et les analystes de l'écosystème IA. À la suite de la revue des écrits, nous avons entrepris des entretiens et organisé des groupes de discussion avec des représentants d'entreprises. Cette phase se révèle particulièrement appropriée dans le cadre de la recherche qualitative, où les revues de littérature sont souvent mobilisées pour recueillir les données clés nécessaires à un projet de recherche ou pour assurer une triangulation avec d'autres méthodes de collecte de données (Mace & Pétry, 2010).

La revue des écrits nous a permis d'identifier et de synthétiser les connaissances existantes sur le sujet (Kitchenham, 2004 ; Staples & Niazi, 2007), ce qui a permis de préciser notre question de recherche, d'identifier de nouvelles occasions d'avancement des connaissances, et de lier ces idées à des applications. Nous avons analysé une quarantaine de documents, y compris des articles scientifiques sur le sujet principal et les thèmes connexes . Puis, nous avons synthétisé le contenu de documents officiels et de rapports publiés par les gouvernements canadien et québécois.

Entretiens

Pour les entretiens avec les experts, nous avons constitué un échantillon aussi représentatif et varié que possible de l'écosystème d'affaires en IA à Montréal et au Québec (entrepreneurs, consultants, fournisseurs de solutions IA, entreprises, conseillers gouvernementaux s'occupant de l'IA, chercheurs, conseillers syndicaux, etc.) issus de secteurs d'activités et avec des expertises variés.

Afin de tenir compte de cette diversité, nous avons développé deux guides d'entretien : l'un pour les acteurs du secteur privé ; le second pour les organisations publiques et autres acteurs intermédiaires. Selon notre technique d'échantillonnage (Van Der Maren, 1987), nous avons réalisé un recensement des acteurs clés du secteur de l'IA en exploitant nos réseaux et le bouche-à-oreille, mais aussi via les réseaux sociaux professionnels comme LinkedIn et en participant à des événements (colloques, séminaires, journée d'étude, etc.).

Le travail de terrain s'est déroulé de mars à septembre 2020. Nous avons mené des entretiens semi-directifs avec 25 experts engagés dans le domaine de l'IA , qui ont accepté de répondre à nos questions sur une base volontaire, conformément à notre certificat d'éthique de la recherche..

Notre démarche repose sur les principes de l'analyse de contenu, tels que définis par Miles et Huberman (1994), pour réaliser l'analyse thématique des données dans Nvivo. Cette approche nous a permis de structurer les verbatims en catégories et thèmes clés en créant des nœuds significatifs dans Nvivo. Les thèmes ainsi identifiés et émergents ont ensuite été

approfondis lors des groupes de discussion, enrichissant notre compréhension des données recueillies.

Groupes de discussion (GD)

Nous avons organisé trois groupes de discussion (GD) afin de mobiliser les partenaires du projet (les collèges Alma et Bois-de-Boulogne), ainsi que des experts de l'écosystème IA identifiés à Montréal. Ces groupes ont porté sur les thèmes suivants :

- GD1 : Compétences d'un chef de projet IA, 29 avril 2020 ;
- GD2 : Gouvernance des données, cybersécurité et éthique, 26 mai 2020 ;
- et GD3 : Gouvernance des données, cybersécurité et éthique, 10 juin 2020.

Ces sessions, d'une durée de trois heures chacune, ont été organisées par vidéoconférence sur Zoom. Dans chaque groupe de discussion, les experts ont effectué de courtes présentations orales par partage d'écran pour initier des échanges ouverts sur le sujet. Les chercheurs étaient présents à chaque session et au moins l'un d'eux se chargeait de l'animation des discussions.

Groupes de co-cocréation (GC)

Nous avons également organisé trois groupes de co-cocréation (GC) à la suite des groupes de discussion (GD), dont les résultats ont permis de retenir les idées essentielles pour structurer nos séances DACUM (*Developing A Curriculum*), une méthode d'analyse utilisée pour définir les compétences essentielles d'un domaine d'activité. Ces sessions d'environ deux à trois heures chacune ont été organisées via Zoom, avec la séance de cocréation animée sur la plateforme Miro, et ont réuni de 7 à 12 participants. En nous appuyant sur la méthode DACUM, les participants experts ont collaboré pour définir les compétences clés nécessaires à la gestion de projets intégrant l'IA, sous la coordination des chercheurs et de la conseillère pédagogique du collège partenaire, qui ont structuré et animé les échanges.

Passons maintenant à nos résultats de recherche

RÉSULTATS

Les défis de l'Industrie 4.0

L'Industrie 4.0 n'est pas une industrie particulière, mais elle est davantage un statut que les entreprises cherchent à acquérir (Org1).

Selon un interviewé, faire de l'industrie 4.0 cela revient à traiter la « question d'intégration, où les systèmes sont connectés et partagent des informations. […] Cela signifie que l'entreprise utilise les données pour optimiser sa productivité et augmenter ses ventes, avec des systèmes qui communiquent automatiquement sans intervention humaine » (Org1). Ce concept s'applique à tout type d'entreprise, qu'il s'agisse de transformation alimentaire ou d'autres secteurs, à condition que leurs systèmes soient intégrés et connectés au sein de leur chaîne de production : « C'est ça le 4.0 quand les systèmes en place peuvent communiquer entre eux automatiquement sans intervention humaine » (Org1).

Cependant, de nombreuses entreprises, en particulier les industries traditionnelles, ne savent pas par où commencer pour atteindre ce niveau d'intégration technologique (Org3). Le manque de maturité numérique est souvent un frein, comme le souligne un intervenant : « Le défi est vraiment au niveau de l'entrepreneur, de sa maturité technologique, de son éducation. Un investissement doit être fait, les entreprises doivent consacrer un budget qui peut leur sembler risqué » (Ent6).

La première étape consiste à évaluer la maturité numérique de l'entreprise pour identifier ses besoins et définir un plan de développement numérique adapté (Org3). Comme l'indique un expert, une bonne connaissance du domaine manufacturier est indispensable pour entrer dans l'IA, car « il faut connaître l'industrie, ses problématiques » (Ent3). À partir de là, l'entreprise peut commencer par l'acquisition de données, notamment avec des capteurs IoT, pour collecter des informations utiles pour le secteur manufacturier : « C'est vraiment lié à la partie capteurs, les capteurs IoT » (Org3).

Il est recommandé aux entreprises de procéder étape par étape, en commençant par des preuves de concept et des tests isolés. Un expert met en garde contre une approche précipitée : « La pire chose qu'une entreprise manufacturière puisse faire, c'est de dire : "Bon, parfait, nous allons mettre des capteurs de température sur toutes nos machines, dans toutes les usines…" C'est une recette pour le désastre » (Ent3). Des projets pilotes, proposés par des fournisseurs de solutions d'IA, sont une option peu coûteuse qui inclut formation et suivi : « Le projet pilote dure trois mois et ne coûte pas trop cher […]. À la fin des trois mois, le système est normalement en place, ils savent l'utiliser eux-mêmes » (Ent6).

Les entreprises intéressées par l'Industrie 4.0 sont majoritairement motivées par des objectifs d'amélioration des processus de production (74 %), ou au niveau de la gestion (72 %), de produits et services (63 %) et de modèles d'affaires (59 %) (MESI, 2017, p. 7).

Certaines solutions d'IA se révèlent particulièrement avantageuses pour le secteur manufacturier, telles que le contrôle qualité : « L'un des plus grands problèmes auquel les entreprises manufacturières sont confrontées est le contrôle qualité » (Ent3). En outre, des technologies permettent d'optimiser la chaîne d'approvisionnement, les chaînes de production et la logistique (Ent1). La maintenance prédictive, un autre aspect de l'Industrie 4.0, aide à réduire les coûts de maintenance en anticipant les pannes : « Pour savoir quand une machine tombera en panne, puis planifier leur maintenance, organiser leurs activités en conséquence » (Ent5).

Enfin, l'automatisation de tâches chronophages est une autre application possible, bien que cela nécessite un certain niveau de maturité numérique et, idéalement, un système ERP (Ent6). Toutefois, même les entreprises sans ERP peuvent commencer à adopter des solutions d'IA pour obtenir des gains rapides, comme le rapporte un fournisseur : « Je travaille avec une entreprise sans ERP, mais qui souhaite des gains faciles et rapides et peut adopter notre technologie » (Ent6).

En conclusion, bien que le chemin vers l'Industrie 4.0 puisse sembler complexe, des approches graduelles et le soutien de fournisseurs de solutions permettent aux entreprises d'avancer progressivement dans leur transformation numérique et d'atteindre une plus grande efficacité opérationnelle.

Stratégie numérique du Québec

Pour remédier au retard numérique des entreprises québécoises, le gouvernement du Québec a mis en place une stratégie numérique, notamment avec la publication de la *Feuille de route pour la maturité numérique* (PAEN, 2016b). Ce programme vise à sensibiliser les entreprises aux avantages des nouvelles technologies et à les encourager à réaliser leur transformation numérique (CEFRIO, 2016). La feuille de route aborde plusieurs dimensions essentielles, dont le design et l'ingénierie, la gestion et l'administration, la gestion de la production, les processus manufacturiers et les services.

Basée sur le plan d'action en économie numérique du Québec, la *Feuille de route pour la maturité numérique et l'industrie 4.0* décrit une progression à travers différentes fonctions de l'entreprise. Chaque fonction est classée selon son niveau de maturité, qui peut être « très basique (en bas de la pyramide) ou très avancée (en haut de la pyramide) […]. L'idéal est d'être au sommet dans les cinq secteurs » (Org1). Conçue en 2016, cette feuille de route fait peu mention de l'IA, mais elle fournit des indications sur le progrès technologique attendu, avec une intégration potentielle de l'IA à l'avenir. Comme l'a expliqué un interviewé :

> « L'IA, je la verrais à la fin, en 6e position, car cela consisterait à intégrer ou extraire des connaissances des données que nous avons. Une fois que nous avons amélioré toutes les fonctions : gestion, production, fabrication, services… une fois que tout est intégré, automatisé, etc. […] que nous avons mis en place des systèmes qui peuvent échanger des informations, l'IA serait la couche méta au sommet qui extraira la connaissance de toutes ces données qui viennent de partout. C'est vraiment de la connaissance » (Org1).

Pour soutenir le secteur manufacturier dans cette transition, le gouvernement propose des initiatives tel que le *Programme d'audit Industrie 4.0* (IAP, n.d.), financé par le ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec (MEIQ). Ce programme permet aux entreprises de demander des audits par des consultants ou auditeurs accrédités pour identifier leurs besoins et défis, analyser et optimiser leurs processus, dresser un bilan de leurs ressources et élaborer un plan numérique avec des « projets d'amélioration, de mise en œuvre » (IAP, n.d.) pour atteindre une maturité numérique.

La *Feuille de route pour la maturité numérique et l'industrie 4.0* établit un cadre pour mesurer le niveau d'intégration technologique des entreprises et les guider vers « l'idéal pour l'industrie 4.0 » (Org1) :

> « [C'est] une étape de plus que d'avoir des systèmes informatiques installés. […] Tous ces systèmes peuvent communiquer entre eux de manière transparente, sans intervention. [Cela signifie] que nous atteignons un niveau plus avancé d'automatisation, donc nous pouvons avoir des ERP, CRM, plusieurs systèmes de gestion de production dans l'usine ou sur la ligne de production. Mais la différence avec l'audit 4.0 est que nous avons vraiment atteint

> un degré d'intégration. Tous ces systèmes peuvent communiquer, échanger des informations pour que je puisse exploiter au mieux les données que j'ai. […] en ayant tous ces systèmes intégrés et en les faisant communiquer entre eux. C'est vraiment ce que nous visons dans l'industrie 4.0. C'est vraiment atteindre un niveau d'automatisation au-delà des systèmes implantés, c'est aller plus loin » (Org1).

Toutefois, bien que cette feuille de route cible divers secteurs, y compris le manufacturier, certains entrepreneurs trouvent le plan complexe et intimidant, ce qui freine leur engagement.

> « C'est un projet énorme, cela prend beaucoup de temps, de ressources. C'est compliqué, je ne comprends pas tout. […] Pourtant, il y a des choses très faciles à mettre en place en utilisant des techniques éprouvées qui fonctionnent ailleurs, que des entreprises ont spécifiquement développées. Exemple concret : une usine peut être connectée en une semaine. Nous collectons les données des machines. Ensuite, il faut gérer le changement, organiser le logiciel. Mais c'est très facile à mettre en place. En trois mois, on peut faire un bond énorme… Dans toutes les industries, il existe des solutions logicielles existantes et pertinentes » (Ent6).

Finalement, la stratégie numérique du Québec et les outils proposés visent à guider les entreprises dans leur transition vers l'industrie 4.0. Cependant, des simplifications et un accompagnement plus personnalisé, ciblant avec précision les besoins de entreprises, pourraient les aider davantage à s'approprier ces ressources et à intégrer plus efficacement les nouvelles technologies dans leurs développement et opérations.

L'écosystème d'affaires en IA à Montréal

Les résultats des entretiens révèlent plusieurs dynamiques clés au sein de l'écosystème de l'IA montréalais. Tout d'abord, le secteur fait face à une importante « pénurie de main-d'œuvre… dans les postes technologiques », notamment pour des rôles spécialisés tels que les experts en science des données (Ent4) et les machinistes (Ent6). En réponse à cette situation, de nombreuses initiatives de formation, incluant ateliers et webinaires, sont proposées par les universités, CEGEP et diverses organisations pour sensibiliser et « former des personnes en science des données » (Ent3) afin de soutenir le développement de l'industrie 4.0.

Les acteurs institutionnels tels qu'IVADO et MILA jouent un rôle stratégique : « IVADO ou MILA, par exemple, sont très bons, ils vont créer de nouveaux emplois pour l'industrie 4.0 dans le futur… C'est bien beau de mettre cela en place, mais il faut des personnes capables de soutenir les mises à jour, puis l'implémentation […]. Si vous sous-traitez vos connaissances, vous mettez en vulnérabilité votre usine (qui est) entre les mains d'un cabinet de conseil qui pourrait disparaître. Donc, nous devons avoir une certaine intelligence interne, et cela signifie former davantage de talents en science des données et embaucher ces talents » (Ent3).

Parmi les leaders de l'écosystème commercial de l'IA, Scale AI se distingue grâce à un soutien financier important, incluant 230 millions de dollars du gouvernement du Canada et 53 millions de dollars du gouvernement du Québec (2020). En tant que supercluster d'IA du Canada, le Centre d'innovation Scale AI contribue activement à la transition vers l'IA

en proposant des formations sur mesure pour les entreprises, en soutenant divers projets et initiatives, et en accélérant les start-ups : « Ils travaillent avec des entreprises sur des programmes d'IA. Ils collaborent avec les accélérateurs pour aider le personnel à intégrer l'IA. Ils planifient et travaillent avec des formateurs universitaires pour réaliser des formations qui peuvent être subventionnées » (Org3).

La figure suivante illustre certains acteurs de l'écosystème de l'IA à Montréal dans le domaine de la formation, regroupant universités, centres de recherche, et divers acteurs du secteur de la santé.

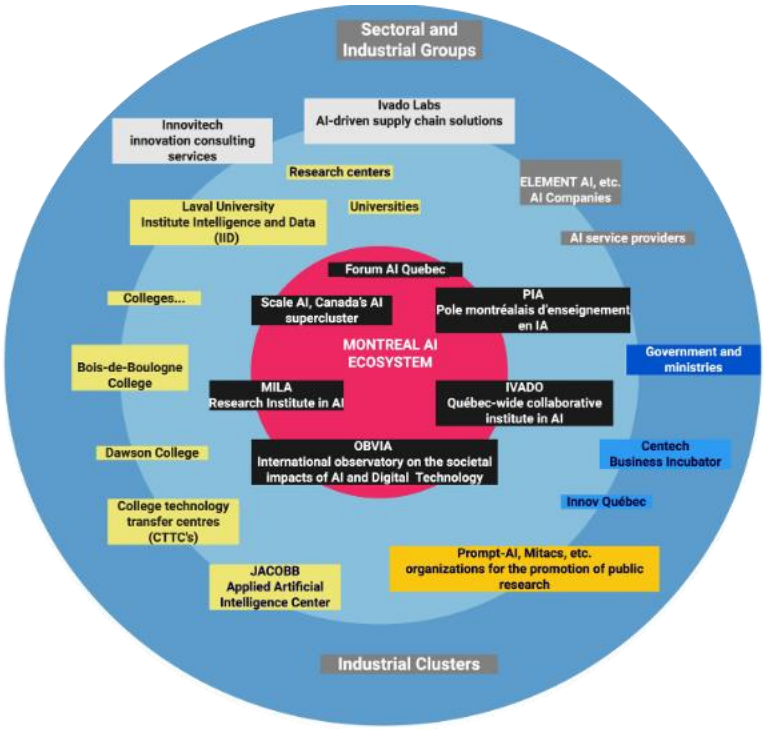

Figure 1. Des acteurs de l'écosystème de formation et de recherche de Montréal

Sur le plan manufacturier, des initiatives telles que le Salon Bleu contribuent à rapprocher les entreprises manufacturières des fournisseurs de solutions d'IA et des consultants spécialisés. Soutenu par le gouvernement, cet événement connecte directement les fabricants aux prestataires technologiques :

> « Le Salon Bleu est un salon pour les manufacturiers… J'ai donné une conférence, j'ai présenté ce que Haxio fait en intelligence artificielle pour les fabricants 4.0… C'était pour connecter les entreprises manufacturières avec des fournisseurs de technologies, des prestataires de services. En fait, c'était comme un salon, comme une foire traditionnelle, mais en ligne… Nous sommes plus dans le secteur des fabricants intelligents ici » (Ent3).

L'écosystème montréalais de l'IA est particulièrement dense et diversifié, intégrant divers acteurs institutionnels, centres de recherche et entreprises de soutien. Parmi les structures fréquemment mentionnées par les personnes interrogées, on trouve tel que cité plus haut IVADO, Mila comme étant « le plus grand institut de recherche en IA au monde » (Ent6), Element AI, et Scale AI, ainsi que des centres de formation comme Ivado Labs, l'Observatoire international sur les impacts sociétaux du numérique et de l'IA (OBVIA), les CEGEPs (Dawson, Bois-de-Boulogne), et le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle (PIA). On trouve également des incubateurs et structures de soutien aux entreprises, tels que Innovitech, JACOBB (Centre d'intelligence artificielle appliquée), le Réseau des centres collégiaux de transfert de technologies (CCTT) et Centech, ainsi que des organisations pour l'innovation et le financement, comme Innov Québec, Prompt-AI, et Mitacs.

Les laboratoires universitaires sont également des ressources précieuses pour les entreprises, permettant de développer des partenariats de recherche appliquée : « Il y a de belles choses qui se font dans les laboratoires de recherche fondamentale, etc. Nous allons nous appuyer là-dessus pour développer de la recherche appliquée et ensuite des solutions » (Ent1). Dans le secteur manufacturier, le Regroupement des entreprises en automatisation industrielle (REAI) œuvre depuis 15 ans pour démocratiser l'IA et accompagner les processus de transformation numérique : « Qui va où, quand, comment dans un processus de transformation ? » (Org2).

Enfin, Montréal bénéficie d'une reconnaissance internationale renforcée par des figures de proue comme Yoshua Bengio, pionnier de l'apprentissage profond et directeur scientifique de Mila. La communauté d'affaires de l'IA est également diversifiée, comprenant des entreprises fournissant des services spécialisés en IA ainsi que des entreprises adoptant progressivement l'IA dans leurs processus, telles qu'Air Canada et Raymond Logistics (Ent6). En parallèle, Bonjour Start-up Montréal soutient activement le développement de start-ups, apportant un dynamisme supplémentaire à l'ensemble de l'écosystème de l'IA montréalais (Ent4).

Acteurs de l'industrie 4.0 au Québec et maturité numérique

Les acteurs de l'industrie 4.0 au Québec et la maturité numérique des entreprises montrent une évolution inégale dans l'adoption des technologies avancées. Si certains secteurs, tels que l'aérospatiale (Bombardier, Pratt & Whitney), les sciences de la vie (équipements médicaux), et les jeux vidéo, se distinguent par une avancée marquée dans l'intégration de l'IA, d'autres, comme l'agroalimentaire, le bâtiment, l'exploitation minière et la logistique, progressent plus lentement. En parallèle, des marchés de niche émergent dans des domaines comme l'écologie et le luxe (Ent1).

Cependant, pour de nombreuses PME et entreprises manufacturières, l'industrie 4.0 et l'IA restent des concepts lointains, souvent perçus comme des « mots à la mode » (Ent3 ; Ent4; Org2). Cette perception est renforcée par un phénomène de « marketing de l'IA », où l'intelligence artificielle est présentée comme une solution universelle, ce qui suscite des attentes irréalistes et une méfiance envers cette technologie : « [L'IA] n'est pas la solution à tous les maux… Parfois, des solutions plus anciennes sont plus adaptées à certaines applications » (Ent3).

Ce retard technologique se traduit notamment par le fait que certaines usines, bien qu'elles réalisent des ventes importantes (jusqu'à 200 millions de dollars), gèrent encore leurs opérations avec des outils rudimentaires comme Excel (Org2). En effet, alors que l'industrie 3.0 repose sur « la robotique et l'automatisation » (Ent6), 55 % des entreprises manufacturières au Québec ne disposent pas de stratégie numérique, et une partie importante ignore même les bases de l'industrie 4.0. Une enquête (MESI, 2017) révèle que 32 % des entreprises ne savant pas que cela existe et 13 % en ont une compréhension limitée sur ces questions (MESI, 2017, p. 7).

Pour la majorité de ces entreprises, le niveau de maturité numérique est faible :

> « [Elles sont] soit encore gérées avec des processus de fabrication manuels (c'est-à-dire qu'elles sont encore au niveau de maturité dit 'artisanal'), soit gérées avec des processus soutenus par plusieurs outils qui ne sont pas entièrement intégrés (c'est-à-dire qu'elles sont au niveau de maturité dit 'discipliné'). De plus, il y a encore seulement une minorité avec un plan ou une stratégie numérique pour l'industrie 4.0 » (MESI, 2017, p. 33).

Ce retard s'explique par plusieurs facteurs, dont une méfiance à l'égard de certaines technologies et un manque de soutien dans le choix et l'implémentation des bons outils. Comme le souligne un expert : « Les PME manufacturières du Québec et du Canada ont du mal à mettre en œuvre ces systèmes… Il y a beaucoup de données disponibles, mais souvent elles ne sont pas collectées » (Ent3). L'IoT peut jouer un rôle clé pour combler cette lacune, bien que de nombreux dirigeants préfèrent limiter les données à l'intranet par souci de sécurité, ce qui freine l'adoption des solutions offertes par le cloud. Le défi consiste donc à trouver des solutions pour centraliser et partager les données tout en garantissant leur sécurité et leur confidentialité (Ent3).

La pandémie de Covid-19 a cependant agi comme un catalyseur pour certaines entreprises, accélérant leur transition numérique, notamment vers le télétravail et les services en ligne. Selon un data scientist : « Beaucoup d'entreprises, si elles n'ont pas de point de vente en ligne ou une présence numérique bien établie, manquent de maturité en matière de données, ce qui limite leur capacité à effectuer des analyses avancées » (Ent5). La crise a ainsi mis en évidence l'importance de la digitalisation, qui, lorsqu'elle est bien exploitée, peut devenir un tremplin vers l'automatisation et l'IA, ouvrant de nouvelles opportunités à l'international pour les entreprises québécoises.

Fournisseurs de solutions d'IA

Le marché des solutions d'IA est occupé par un ensemble de prestataires de services spécialisés, incluant des ventes de logiciels, qui constituent une expertise en croissance dans un marché de niche fragmenté. Le secteur se caractérise par la présence de « plein de petits acteurs » (Ent1), une dynamique similaire à celle observée dans l'informatique « au cours des 20 dernières années » (Ent1). Ce morcellement du marché pousse de nombreuses PME et grandes entreprises à faire appel à ces fournisseurs pour combler un manque de ressources ou d'expertise internes.

Les petites entreprises sont souvent les premières sources d'innovation en IA, proposant des solutions pour créer de la richesse avant d'être rachetées parfois par de plus grandes entreprises, un phénomène comparable à celui du Big Data: « Ce qui se passe, c'est un peu comme ce qui s'est passé avec le Big Data il y a 10 ans. […] [L'IA] est souvent [développée par] de petites entreprises […] pour finalement être rachetées par de plus grandes » (Ent1).

Les entreprises choisissent souvent d'externaliser leurs solutions d'IA pour éviter d'augmenter leur effectif de façon significative. Selon un expert, « si elle doit embaucher 50 *Data Scientists* et 100 ingénieurs de données, bien sûr, elle ne le fera pas. Elle préfère prendre des prestataires, appuyer sur le bouton pour dire "*merci, au revoir*" quand ça ne va pas bien » (Ent1). De plus, de nombreux *Data Scientists* préfèrent travailler dans de petites entreprises, où ils bénéficient de plus de liberté et d'une culture d'entreprise différente de celle des grands groupes (Ent1).

À Montréal, l'accès à cette expertise est facilité par la proximité des centres académiques, ce qui est très particulier à la ville (Ent1). Au fil du temps, les entreprises pourraient décider d'« adopter » (Org3) les technologies développées par leurs fournisseurs et de les internaliser une fois qu'elles auront acquis l'expérience nécessaire : « Quand le marché devient très [équilibré], les clients vont alors internaliser […]. Ils le font eux-mêmes parce qu'ils savent très bien comment le faire » (Ent1).

Pour initier les entreprises à l'IA, les fournisseurs proposent souvent des solutions de démarrage, ou preuves de concept, qui permettent aux entreprises de tester la technologie et de prendre confiance : « [une application simple] pour montrer que cela fonctionne et donner aux entreprises la confiance et l'envie de dire : *Ça marche, alors je vais investir un peu plus !* » (Ent1).

Les fournisseurs s'adaptent également au profil de leurs clients. Pour une solution d'IA centrée sur la productivité, ils « recherchent des personnes au niveau opérationnel » telles que le responsable de production ou encore le directeur d'usine. Dans le cas des PME, ils s'adressent « au président ou au directeur général » (Ent6). Pour les grandes entreprises, le contact se fait souvent avec une personne responsable de l'industrie 4.0 ou de l'amélioration continue, comme c'est le cas chez Bombardier (Ent6). À terme, cette demande pourrait générer des besoins accrus en gestionnaires spécialisés en industrie 4.0 ou en amélioration continue (Ent6).

Cependant, la collaboration avec des fournisseurs peut parfois être source de défis, ce qui pousse certaines entreprises à développer des solutions en interne après des expériences insatisfaisantes. Un exemple est celui d'un interviewé qui, après un échec avec « une agence de développement de logiciels » (Ent4), a changé de stratégie et renforcé la communication avec de nouveaux fournisseurs pour mieux aligner les attentes. Il note : « Bien que j'étais le chef de produit […], le fait de ne pas avoir suffisamment de compétences techniques pour challenger mon prestataire […] a été un échec. […] Maintenant, […] nous avons développé des outils de communication beaucoup plus fluides » (Ent4).

Pour accroître son expertise interne, cette entreprise envisage également « d'injecter des fonctionnalités d'IA pour automatiser davantage », tout en poursuivant des formations pour augmenter ses connaissances en IA (Ent4). Cette synergie entre le fournisseur et l'entreprise cliente est importante pour que les solutions d'IA soient bien adaptées aux besoins de l'entreprise, tout en veillant à ce que celle-ci développe une compréhension solide des technologies proposées.

Enfin, pour faciliter l'accès à ces technologies, le Regroupement des entreprises en automatisation industrielle (REAI) soutient la création de « cellules d'automatisation collaboratives » avec des fournisseurs. Cette initiative vise à aider « les petites entreprises, avec peu de ressources internes » (Org2) dans leur transition technologique. Le REAI favorise ainsi une collaboration active entre les entreprises et les fournisseurs, établissant une chaîne de valeur partagée : « Cela devient une relation collaborative entre l'entreprise

et les fournisseurs […]. Je cartographie les écosystèmes de parties prenantes, les faisant travailler davantage ensemble … et leur permettant de mieux vendre » (Org2).

En conclusion, les fournisseurs de solutions d'IA occupent un rôle clé dans l'évolution numérique des entreprises au Québec, offrant des solutions adaptées, favorisant l'innovation, et comblant les lacunes de compétences dans un marché en pleine expansion.

CONCLUSION

Pour conclure nos observations, résumons quelques éléments des entretiens avant de conclure plus globalement sur l'écosystème de l'IA, la contribution des parties prenantes et des prestataires de services technologiques à cet écosystème, mais aussi leur apport aux entreprises dans leur processus de numérisation et d'introduction de l'IA afin de faire face à la concurrence internationale.

L'écosystème entrepreneurial de l'IA à Montréal, bien qu'encore en développement, représente une initiative prometteuse qui soutient l'innovation à la fois au niveau local et international. Cependant, en raison du fait que ce soit le début de cette mobilisation, certains interviewés notent un décalage entre la production de connaissances générée par cet écosystème et les besoins concrets des entreprises : « Tout cet écosystème a été créé de toutes pièces il y a quelques années et c'est une grande réussite. […] mais d'un autre côté, les applications d'entreprises ne sont pas encore là » (Ent1). Ce constat, partagé par plusieurs participants, souligne la nécessité de renforcer le lien entre recherche et application industrielle pour maximiser l'impact de l'écosystème montréalais, en suscitant de l'innovation, sous forme de produits ou de services.

Malgré ce décalage, le soutien des gouvernements fédéral et provincial maintient l'IA comme un secteur stratégique et prometteur. À Montréal, cette collaboration entre gouvernements et divers acteurs de l'IA est vue comme un atout majeur : « une grande collaboration entre les gouvernements et tous les secteurs de l'IA » (Org3). Toutefois, le processus d'adoption des technologies de l'IA reste difficile pour certaines entreprises, en particulier les PME et les entreprises manufacturières. Bien que leur maturité numérique soit encore limitée, celle-ci est essentielle pour rester compétitives dans une économie mondiale où la performance technologique est de plus en plus importante. Comme l'indique un expert du secteur manufacturier, les entreprises québécoises doivent réaliser qu'elles sont en concurrence avec des acteurs internationaux dont les systèmes sont automatisés à 75-80 % : « Ce que les entreprises manufacturières québécoises doivent comprendre, c'est qu'elles ne sont pas en compétition entre elles. Elles sont en compétition avec la Chine, l'Allemagne et les États-Unis […] *Comment voulez-vous vous battre et vous imposer […] quand vous n'avez que des processus manuels ?* » (Org2). Les entreprises ont donc des inquiétudes quant à leur capacité d'automatisation qui impacte leur performance technologique et le maintien d'emplois.

Bien que cette transition vers l'IA suscite des inquiétudes, elle pourrait également mener à la création d'opportunités à forte valeur ajoutée. Pour beaucoup, l'automatisation représente un moyen d'allouer les tâches répétitives aux machines, tout en redirigeant les ressources humaines vers des postes nécessitant des compétences plus avancées. Cela met

en avant la question de la régulation éthique du déploiement de l'IA, notamment pour assurer une forme de sécurité de revenu et une adaptation professionnelle pour ceux affectés par la technologie. Enfin, l'évolution des modèles d'affaires des start-ups en IA apportera sans doute des défis et des opportunités inattendues. L'IA transforme déjà le monde du travail et continuera d'influencer les compétences nécessaires pour créer des entreprises compétitives à l'international. À l'avenir, les exigences en termes de formation, de connaissances et d'expertise vont certainement évoluer, redéfinissant ce qui fait la compétitivité des entreprises dans un monde dominé par l'innovation technologique. En somme, bien que L'écosystème d'affaires en IA à Montréal soit encore en cours de structuration, il dispose d'un potentiel prometteur afin de soutenir la transition numérique des entreprises et leur compétitivité mondiale.

Comme l'observe Barbaroux (2014), l'écosystème informatique a souvent pour origine une « percée technologique initiée par une communauté d'organisations publiques et privées », qui réunit des chercheurs et des acteurs du secteur, tandis que les grandes entreprises sont reléguées en périphérie (Yagoubi, Tremblay, 2017b, p. IX). Ce modèle contraste avec les approches où l'écosystème résulte des stratégies d'« entreprises pivots » (Mazaud, 2007, 2008 ; Baudry, 2003). À Montréal, l'écosystème d'affaires en IA semble refléter cette diversité d'acteurs, avec un équilibre incertain toutefois caractérisé par une mobilisation dynamique, ar l'engagement de nombreuses organisations de la recherche, la formation, et des partenariats multisectoriels.

La dynamique de cet écosystème de l'IA repose en effet sur l'implication de parties prenantes de divers horizons, facilitant la multiplication des collaborations, notamment dans des secteurs comme la santé et les finances. Notre propre projet s'est inscrit dans ce contexte collaboratif, et nous avons constaté un accueil enthousiaste de la part des experts qui ont participé aux groupes de travail (GT) et aux sessions de co-construction (GC) de notre référentiel de compétences pour gestionnaire de projet intégrant l'IA. Qu'ils soient entrepreneurs, chercheurs, ou professionnels d'organisations diverses, ces participants ont démontré un intérêt marqué pour l'élaboration des compétences de demain en IA, confirmant ainsi ce dynamisme caractéristique de l'écosystème montréalais

Néanmoins, des défis demeurent, notamment concernant la régulation des impacts de l'IA sur l'emploi et l'adaptation des formations aux nouvelles exigences professionnelles. Bien que ces enjeux dépassent le cadre de cette étude, ils mériteraient d'être approfondis dans de futures recherches. Il serait aussi essentiel d'étudier l'évolution des rôles des parties prenantes et l'émergence de nouveaux acteurs clés, puisque ceux-ci seront inévitablement influencés par l'évolution des technologies de rupture et les transformations continues de l'écosystème montréalais de l'IA.

En somme, l'écosystème de l'IA à Montréal est en pleine expansion, avec un potentiel important pour soutenir la transformation numérique des entreprises. Cependant, sa pérennité et son impact dépendront de la capacité des parties prenantes à anticiper les besoins en compétences, à gérer les implications éthiques et sociales de l'IA, et à renforcer

puis à pérenniser les collaborations au sein d'un réseau diversifié de partenaires publics et privés, national et international.

REFERENCES

Accenture. (2018, 4 avril). *Intelligence artificielle, des conséquences réelles : Les services publics à l'ère de l'intelligence artificielle*. Accenture Consulting, Intelligence artificielle, 12 p.

Barbaroux, P. (2014) « Innovation disruptive et naissance d'un écosystème : voyage aux origines de l'internet ». *Revue d'Économie industrielle*, 146, 27-59.

Blarer, A., Buffat, M., Busch, C., Egloff, D., Fanzun, J., Haefliger, G., Langer, P., Loison, B., Luder, T., Malz, A., Scheidegger, E., Schneider, T., Schöll, M., Schwaar, P., Stämpfli, M. et Weber, V. (s.d.). *Défis de l'intelligence artificielle : Rapport de travail interdépartemental « Intelligence artificielle » au conseil fédéral*. Confédération suisse, Secrétariat d'État à la formation, à la recherche et à l'innovation, 120 p.

Bonollo, N. and Poopuu, P. (2019, may). *The impact of digital platforms on roles and responsibilities in value creation among stakeholders of an ecosyste*m. Master Thesis, Jönköping University, International Business School.

Boutillier, S., Uzunidis, D. (2010) « Innovation et proximité entreprises, entrepreneurs et milieux innovateurs » (innovation and proximity entreprises, entrepreneurs and innovative milieus). *Réseau de Recherche sur l'Innovation/Research Network on Innovation*, Working Papers 10, 22 p.

Brydges, T., & Pugh, R. (2021). Coming into fashion: Expanding the entrepreneurial ecosystem concept to the creative industries through a Toronto case study. The Canadian Geographer/Le Géographe canadien, 1-22.

Bruno. C. (2020, 23 mai). *L'IA appliquée au processus de recrutement : comment la rendre plus juste et inclusive ?* Generation-nt, Technologies nouvelles. https://www.generation-nt.com/ia-recrutement-intelligence-artificielle-actualite-1976288.html

CCN (2019) *La Charte numérique du Canada en action : Un plan par des Canadiens, pour les Canadiens*. Report of Government, Innovation, Science and Economic Development Canada, p. 1-27. https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/fra/h_00109.html

CCNGD [Collectif canadien de normalisation en matière de gouvernance des données] Conseil canadien des normes. (2019, 26 novembre). *Le Collectif canadien de normalisation en matière de gouvernance des données*. Consulté le 5 juillet 2020, https://www.scc.ca/fr/programmes-phares/gouvernance-des-donnees

CEFRIO (2016) *Prendre part à la révolution manufacturière ? — Du rattrapage technologique à l'industrie 4.0 chez les PME*. Rapport technique, p. 31.

CIFAR. (s.d.). *À propos : En bref*. Cifar.ca. https://www.cifar.ca/fr/a-propos

Clarkson, M. E. (1995). "A stakeholder framework for analyzing and evaluating corporate social performance." *Academy of Management Review*, 20, 92–117.

Cooper, H. M. (1984). The integrative research review: A systematic approach. Applied social research methods series (Vol. 2). Beverly Hills, CA: Sage.

Cooper, H. M. (1988). Organizing knowledge synthesis: A taxonomy of literature reviews. Knowledge in Society, (1): 104–126.

Curium, M. (2020, 24 jan.). *IA : des algorithmes inclusifs ? — Le HubIA Épisode 4* [vidéo]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?v=mhgCFW896Ws

DeBrusk, C. (2018, 26 March). *The risk of machine-learning bias (and how to prevent it)*. Risk Journal, Rethinking Tactics https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/v2/publications/2018/november/Risks-of-machine-learning.pdf

Déclaration de Montreal - IA responsable. (2018, 9 juillet). « Mila monte en puissance pour accélérer le développement de l'intelligence artificielle au Québec. Consulté le 8 juillet 2020, https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/post/mila-monte-en-puissance-pour-accélérer-le-développement-de-l-intelligence-artificielle-au-québec.

Dilhac et al. (2018). *Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle*. Université de Montréal. Consulté le 7 juillet 2020, https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/la-declaration

Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T.,… & Williams, M. D. (2019). 'Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy.' *International Journal of Information Management*, 57 (2021), 101994, pp. 1-47.

Freeman, R. E. (1984) Strategic management: A stakeholder approach. Vol. 46, Boston: Pitman.

Freeman, R.E. (1994), "The politics of stakeholder theory: some future directions". *Business Ethics Quarterly*, Vol. 4, no. 04, pp. 409-421.

Freeman, R. E. (1999). «Divergent Stakeholder Theory». AMR, 24, 233-236

Frenette, M., Frank, K. (2020, 29 jun). *Automation and Job Transformation in Canada: Who's at Risk?*. Statistiques Canada, *Analytical Studies Branch Research Paper Series*, Catalogue n. 11F0019M–n. 448, 25 p.

Gouv. Ca. (2018, 7 jun). *Déclaration franco-canadienne sur l'Intelligence artificielle*. Relations Internationales du Canada. Consulté le 8 juillet 2020, https://www.international.gc.ca/world-monde/international_relations-relations_internationales/europe/2018-06-07-france_ai-ia_france.aspx?lang=fra.

Gouv. Ca. (2019, 9 sept.). *Utilisation responsable de l'intelligence artificielle (IA)*. Government of Canada, Consulté le 5 juillet 2020, https://www.canada.ca/fr/gouvernement/systeme/gouvernement-numerique/technologiques-modernes-nouveaux/utilisation-responsable-ai.html

Gouv. Ca. (2020, 8 jun). *Charte canadienne du numérique : La confiance dans un monde numérique.* Innovation, Science and Economic Development Canada. Consulté 10 juillet 2020, https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/fra/h_00108.html

Gouv. Ca. (2020a, 8 jun) *Charte canadienne du numérique : La confiance dans un monde numérique.* Innovation, Science and Economic Development Canada. Consulté 10 jul. 2020, https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/fra/h_00108.html.

Gouv. Ca. (2020b, 15 juin). *Les gouvernements du Canada et du Québec et la communauté internationale s'unissent pour faire avancer le développement responsable de l'intelligence artificielle.* Innovation, Science and Economic Development Canada. https://www.canada.ca/fr/innovation-sciences-developpement-economique/nouvelles/2020/06/les-gouvernements-du-canada-et-du-quebec-et-la-communaute-internationale-sunissent-pour-faire-avancer-le-developpement-responsable-de-lintelligence.html

IAP (s.d.) Industry 4.0 Audit Program. Quebec Investment, Consulté le 20 février 2021 https://www.economie.gouv.qc.ca/fr/bibliotheques/programmes/aide-financiere/programme-audit-industrie-40/

Kellner, D. 1989. *Critical theory, marxism, and modernity*. Cambridge: Polity Press.

Kim, J. (2016). The platform business model and business ecosystem: Quality management and revenue structures. *European Planning Studies, 24*(12), 2113-2132.

Kiron, D. (2017). “What Managers Need to Know About Artificial Intelligence.” *MIT Sloan Management Review*. Consulté le 20 juillet 2020 https://sloanreview.mit.edu/article/what-managers-need-to-know-about-artificial-intelligence/

Kitchenham, B. (2004). *Procedures for performing systematic reviews*. Keele, UK, Keele University, 33:1–26.

Lambic, R. (2020) L’intelligence artificielle renforce-t-elle le sexisme ? Urelles. Consulté le 5 juillet 2020, https://urelles.com/lintelligence-artificielle-renforce-t-elle-le-sexisme/

Leone, D., Schiavone, F., Appio, F. P., & Chiao, B. (2021). How does artificial intelligence enable and enhance value co-creation in industrial markets? An exploratory case study in the healthcare ecosystem. Journal of Business Research, 129, 849-859.

Lu, C., Rong, K., You, J., & Shi, Y. (2014) “Business ecosystems and stakeholders’ role transformation: Evidence from Chinese emerging electric vehicle industry.” *Expert Systems with applications*, 41(10), 4579-4595.

Mantha, Y., Yune, Y. J., Henderson, P. et Lin, W-W. (2019*). Cartographie de l’écosystème de l’IA en 2019.* Jfgagne.ai. https://jfgagne.ai/fr/carte-de-lecosysteme-de-lia-en-2019/

McKinsey Global Institute (MGI). (2017, Dec.). *Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation*. Mckinsey & Company, 150 p.

Méthode FAiR (Factor Analysis of Information Risk), cyber risk framework: https://www.fairinstitute.org/about

Ministère de l’économie et de l’industrie (2018). « L’intelligence artificielle : pourquoi la PME manufacturière devrait-elle en tirer profit ? ». Gouvernement du Québec, Espace Conseils PME https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/outils/gestion-dune-entreprise/industrie-40/lintelligence-artificielle-pourquoi-la-pme-manufacturiere-devrait-elle-en-tirer-profit/ et https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/bulletins/bulletin-espace-conseils-pme/archives/ consulté le 07 mai 2020.

Ministère de l’économie et de l’innovation (2016). « Industrie 4.0 : les défis de la quatrième révolution industrielle ». Gouvernement du Québec, Bulletin Conseils PME. Consulté le 7 mai 2020. https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/bulletins/bulletin-espace-conseils-pme/archives/

Ministère de l’Économie, de la Science et de l’innovation : MESI (2017, jun) INDUSTRIE 4.0. Enquête auprès des entreprises manufacturières du Québec. Rapport d’analyse, équipe de projet MESI et CEFRIO, p. 1-35

Moore, J. F. 1993. "Predators and Prey: A New Ecology of Competition". *Harvard Business Review*, 71(3), pp. 75-86.

Moore, J. F. 1996. *The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems*. New York, Harper Collins.

Moore, J. F. 2006. “Business Ecosystems and the View from the Firm.” *The Antitrust Bulletin*, 51(1), pp. 31-75.

Oberer, B. & Erkollar, A. (2018). “Leadership 4.0: Digital Leaders in the Age of Industry 4.0.” *International Journal of Organizational Leadership*, pp. 1-9. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3337644

OBVIA (Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'intelligence artificielle et du numérique). (2020, 6 mars). *Biais inconscients et recrutement* [vidéo]. Youtube. https://www.youtube.com/watch?time_continue=14&v=MhLmhvJ0Xy4&feature=emb_logo

OBVIA, Industrie 4.0, travail et emploi : https://observatoire-ia.ulaval.ca/axe/industrie-4-0-travail-et-emploi/

OBVIA. (s.d.). *Équité, diversité et inclusion*. OBVIA, Université Laval. https://observatoire-ia.ulaval.ca/edi/

PAEN (2016a, oct.) Plan d'action en économie numérique. Feuille de route industrie 4.0. Stratégie numérique du Québec, Ministère de l'économie, de la science et de l'innovation (MESI), Gouvernement du Québec, p. 1-52.

PAEN (2016b). Plan d'action en économie numérique. Pour l'excellence numérique des entreprises et des organisations québécoises. Stratégie numérique du Québec, Gouvernement du Québec, pp. 1-78.

Rédis, J. (2007) "The Business Model: A Polymorphic Notion or a Trending Concept?" *Proceedings of the 5th Congress of the Academy of Entrepreneurship*, Sherbrooke, 4-5 October 2007, 1-35.

Réforme des lois québécoises sur la protection des renseignements personnels (juillet, 2020) : https://www.fasken.com/fr/knowledge/projet-de-loi-64/2020/07/20-nouvelles-obligations-signalement-incidents-confidentialite/

Reinsel, D., Gantz, J. et Rydning, J. (2018, nov.). *The Digitization of the World from Edge to Core*. International Data Corporation, IDC, White Paper (publication # US44413318). https://www.seagate.com/files/www-content/our-story/trends/files/idc-seagate-dataage-whitepaper.pdf

Rocheleau-Houle, D. (2019). Les effets de l'intelligence artificielle sur le monde du travail. Commission de l'éthique en science et en technologie, Gouvernement du Québec, p. 1-54.

Senyo, P. K., Liu, K., & Effah, J. (2019). «Digital business ecosystem: Literature review and a framework for future research». International Journal of Information Management, 47, 52-64.

Spilling, O. R. 1996. The entrepreneurial system: On entrepreneurship in the context of a mega-event. Journal of Business Research 36(1): 91–103

Ticoll, D. (2020, may). *Skilling Canadians for Leadership in the AI Economy*. Technation Canada, 56 p.

Tremblay, D.-G. et Yagoubi, A. (2017a). "Business models and wearables: what convergence and collaboration in the area of connected objects and clothing?" *Journal of Human Resource and Sustainability Studies*, *5* (1), 101-124. https://doi.org/10.4236/jhrss.2017.51011

Trudeau, J. —PMC. (2018, 6 dec.). *Mandat pour le Groupe international d'experts en intelligence artificielle.* Consulté le 4 juillet 2020, https://pm.gc.ca/fr/nouvelles/notes-dinformation/2018/12/06/mandat-groupe-international-dexperts-intelligence

Van Steenberghe, E. (2020, 19 may) *L'empreinte écologique de l'IA.* Le Devoir, 3 p. Consulté le 1 juillet 2020, https://www.ledevoir.com/opinion/idees/579158/l-empreinte-ecologique-de-l-ia

Voss, E., Rego, R. (2019, septembre). *Digitalization and Public Services: A Labor Perspective*. Public Services International.

We are Social (2020) Digital in 2020. Consulté le 20 février 2021 https://wearesocial.com/digital-2020

Whittaker, M., Crawford, K., Dobbe, R., Fried, G., Kaziunas, E., Mathur, V., West, M. S., Richardson, R., Schultz, J., Schwartz, O. (2018, Dec.). *AI Now Report 2018.* AI Now Institute, New York University, p. 62. Consulté le 1 juillet 2020, https://ainowinstitute.org/AI_Now_2018_Report.pdf

Yagoubi, A. et Tremblay, D. — G. (2017b). « L'innovation numérique et technologique dans le secteur vêtement-mode : les politiques publiques en soutien à la création d'un écosystème d'affaires intersectoriel. » *Innovations. Revue d'économie et de management*, (53), p. 153-193.

Yagoubi, A., D.-G. Tremblay & V. Psyché, (2021). *Quelles sont les compétences requises pour un manager de projet en IA ? Développement d'un référentiel de compétences*. (What are the competences needed for an AI project manager?) Research report for the PIA-CO1 project. Montréal: université Téluq. 80 p.

Citer article en anglais publié

ZeroBounce. (2023). *Ces dix pays sont des leaders en matière d'IA*. Business AM. https://fr.businessam.be/ces-dix-pays-sont-des-leaders-en-matiere-dia/

Webographie

Centre canadien pour la cybersécurité : https://cyber.gc.ca/fr/

Commission sur l'éthique et technologie : https://www.ethique.gouv.qc.ca/fr/

Formation transformation numérique : https://www.adriq.com/ladriq-lance-trans-num-son-programme-de-transformation-numerique/?eflyer_rand=403775861

Forum IA Québec : www.ia.quebec

Méthode FAiR (Factor Analysis of Information Risk), cyber risk framework: https://www.fairinstitute.org/about

Réforme des lois québécoises sur la protection des renseignements personnels (juillet, 2020) : https://www.fasken.com/fr/knowledge/projet-de-loi-64/2020/07/20-nouvelles-obligations-signalement-incidents-confidentialite/

Regroupement des entreprises en automatisation industrielle (REAI) (2020, 27 mars). Mobilisation [COVID-19]. Consulté 21 juin 2020, http://reai.ca/mobilisation-gears-hub/

Tech Nation: en ligne, https://technation.io/report2020/#22-emerging-sectors

Will robots take my job? Consulté le 20 mars 2021, https://willrobotstakemyjob.com/about

Tech Nation: en ligne, https://technation.io/report2020/#22-emerging-sectors

Components of the AI Ecosystem of Montreal

Training/laboratories

Bois-de-Boulogne College: https://www.bdeb.qc.ca/etudiants-adultes/programmes-perfectionnement/informatique/intelligence_artificielle/

Dawson College: https://www.dawsoncollege.qc.ca/ai/

HEC Montréal is a French-language university institution offering internationally renowned management education and research. https://www.hec.ca/en/programs/masters/master-data-science-business-analytics/index.html
IVADO is Québec-wide collaborative institute in the field of digital intelligence https://ivado.ca/talent/
Jacobb, Applied Artificial Intelligence Center : https://www.jacobb.ai/en/center/
University McGill, Master of Science (M.Sc.) in Computer Science https://www.cs.mcgill.ca/academic/graduate/masters/
MILA, Research Institute in AI https://mila.quebec/en/cours/training-programs/
PIA : Pole montréalais d'enseignement en IA, PIA was established to address gaps in education stemming from developments in the field of artificial intelligence (initiative of Montreal's 12 colleges and 7 universities), https://poleia.quebec/en/about/
University Polytechnique, Formation in data science https://cerc-datascience.polymtl.ca
Scale AI, Canada's AI supercluster : https://www.scaleai.ca/training/training-certification/
University TÉLUQ, University of Quebec :

- Project PIA-Co1: https://www.teluq.ca/siteweb/univ/referentiel-de-competences-en-gestion-de-l-intelligence-artificielle-applique-a-l-industrie-40.html

University of Montreal https://diro.umontreal.ca/programmes-cours/cycles-superieurs/maitrise-en-informatique/
Université Laval, Institute Intelligence and Data (IID) : https://www.ulaval.ca/en/research/research-units/institutes/institute-intelligence-and-data-iid
Business Incubator and funding
Centech : https://centech.co

Funding
PME-MTL : https://pmemtl.com
Prompt AI Academic & Business. Prompt supports the creation of partnerships and setting up industrial-institutional applied R & D projects for all ICT sectors : https://promptinnov.com/en/partenar-ia-academic/
https://promptinnov.com/en/partenar-ia-business/

Networks
Innovitech, agent of change in innovation strategy https://www.innovitech.com/en/vision/
Ivado Labs is a leading provider of AI-driven supply chain solutions : https://ivadolabs.com
Innove Quebec is a non-profit organization supporting companies that want to speed up their innovation projects : https://www.quebecinnove.com
The Grouping of Industrial Automation Companies : https://reai.ca
Salon Bleu https://www.lesalonbleu.ca
Bonjour Startup Montréal «is a non-profit organization whose mission is to facilitate the creation, growth and influence of Montréal startups and position Montréal among the world's most dynamic ecosystems» https://www.bonjourstartupmtl.ca/en/about-us/who-we-are/
Forum AI Quebec supports the development of Quebec's artificial intelligence ecosystem: https://forumia.quebec/en/

Scale AI, Canada's AI supercluster : https://www.scaleai.ca

Government

Canada's Digital Charter : https://www.ic.gc.ca/eic/site/062.nsf/eng/h_00109.html
Canadian Center for cybersecurity : https://cyber.gc.ca/en/
Science & Technology Ethics Commission: https://www.ethique.gouv.qc.ca/en/
Standards Council of Canada (SCC): https://www.scc.ca/en/about-scc/what-we-do

- Canadian Data Governance Standardization Collaborative : https://www.scc.ca/en/flagships/data-governance