

Traitemen~~t~~**t** de l'intelligence artificielle : aperçu du paysage canadien des brevets



Innovation, Sciences et
Développement économique Canada
Office de la propriété intellectuelle du Canada

Innovation, Science and
Economic Development Canada
Canadian Intellectual Property Office

Canada

Cette publication est également offerte par voie électronique au
Canada.ca/proprieteintellectuelle

Coordinnées

Centre de services à la clientèle
Office de la propriété intellectuelle du Canada
Innovation, Sciences et Développement économique Canada
Place du Portage I
Bureau C229, 2^e étage
50, rue Victoria
Gatineau (Québec) K1A 0C9

Tél. (sans frais de partout au Canada et aux États-Unis) : 1-866-997-1936
Appels internationaux seulement : 1-819-934-0544
ATS : 1-866-694-8389
Téléc. : 819-953-2476
ic.contact-contact.ic@canada.ca

Autorisation de reproduction

À moins d'indication contraire, l'information contenue dans cette publication peut être reproduite, en tout ou en partie et par quelque moyen que ce soit, sans frais et sans autre permission du ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique, pourvu qu'une diligence raisonnable soit exercée afin d'assurer l'exactitude de l'information reproduite, que le ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique soit mentionné comme organisme source et que la reproduction ne soit présentée ni comme une version officielle ni comme une copie ayant été faite en collaboration avec le ministère de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique ou avec son consentement.

Pour obtenir l'autorisation de reproduire l'information contenue dans cette publication à des fins commerciales, veuillez demander l'affranchissement du droit d'auteur de la Couronne à <http://www.ic.gc.ca/eic/site/icgc.nsf/frm-fra/EABV-9DDLWL>

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, représentée par le ministre de l'Innovation, des Sciences et du Développement économique, 2019

Iu71-4/81-2020F-PDF
ISSN 978-0-660-35529-3

Pour obtenir de plus amples renseignements sur les recherches incluses dans le présent rapport, veuillez communiquer avec :
OPIC-RecherchePI@canada.ca.

TABLE DES MATIÈRES



REMERCIEMENTS	02
À PROPOS DE L'OPIC	03
RÉSUMÉ	04
INTRODUCTION	06
ENSEMBLE DE DONNÉES	08
IMPORTANCE INTERNATIONALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE DANS LE DOMAINE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE	11
Tendances en matière de dépôt de brevets	11
Concentration de la PI	14
Classification des brevets en IA	16
ANALYSE DE LA SITUATION DU CANADA	19
 Chercheurs canadiens	19
Tendances en matière de dépôt de brevets	19
Spécialisation relative des chercheurs canadiens	20
Analyse comparative entre les sexes : Participation des femmes à l'activité en matière de brevets dans le domaine de l'IA	26
 Institutions canadiennes	29
Spécialisation relative des institutions canadiennes	31
Tendances en matière de dépôt de brevets	31
Répartition des inventions brevetées	33
Grappes géographiques	38
Profil des institutions canadiennes qui déposent des brevets dans le domaine de l'intelligence artificielle	40
CONCLUSION	44
ANNEXE A - MÉTHODOLOGIE	46
ANNEXE B - NETTOYAGE DES DONNÉES	47
ANNEXE C - INDICE DE CONCENTRATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE	48
ANNEXE D - INDICE DE SPÉCIALISATION RELATIVE	49

REMERCIEMENTS

Auteurs :

Elias Collette, chef du Groupe de recherche économique et d'analyse stratégique,
Office de la propriété intellectuelle du Canada
Sean Martineau, économiste principal, Office de la propriété intellectuelle du Canada
Mazahir Bhagat, analyste des données, Office de la propriété intellectuelle du Canada

Collaborateurs :

Danny Leung, directeur de la Division de l'analyse économique, Statistique Canada
Jesse Tweedle, chercheur économiste, Statistique Canada
Daniella Savin, examinatrice principale de brevets, Office de la propriété intellectuelle du Canada
Tea Lalatovic, étudiante analyste, Office de la propriété intellectuelle du Canada
Jia Yu, étudiant analyste, Office de la propriété intellectuelle du Canada
Thushar Ishwanthlal, étudiant analyste, Office de la propriété intellectuelle du Canada
Sarah Rajguru, Analyste, Office de la propriété intellectuelle du Canada

L'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC) remercie l'Office de la propriété intellectuelle du Royaume-Uni pour sa collaboration et son soutien continu dans le cadre de l'élaboration d'une définition communément admise de l'intelligence artificielle (IA) et pour lui avoir transmis sa stratégie de recherche de brevets.

Ce rapport applique une taxonomie complète, développée par l'Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) pour son rapport *Tendances technologiques 2019 - Intelligence artificielle*, afin de classer les données sur les inventions brevetées dans le domaine de l'IA, et ainsi faciliter l'analyse ciblée de domaines technologiques particuliers. L'OPIC remercie donc l'OMPI pour la publication de sa méthodologie et pour les efforts qu'elle déploie afin de repousser les limites de la recherche en matière de propriété intellectuelle (PI).

Nous tenons également à remercier Statistique Canada pour sa contribution analytique à ce rapport dans la partie consacrée aux institutions canadiennes, qui présente des statistiques descriptives sur les institutions détenant des inventions brevetées. Cette contribution nous permet de mieux comprendre les données démographiques des clients potentiels de l'OPIC dans le domaine des technologies d'IA et de les comparer aux statistiques nationales pour tous les domaines technologiques.

À PROPOS DE L'OPIC

L'Office de la propriété intellectuelle du Canada (OPIC), un organisme de service spécial d'Innovation, Science et Développement économique Canada (ISDE), est responsable de l'administration et du traitement de la propriété intellectuelle (PI) au Canada. L'OPIC contribue à l'innovation et à la réussite économique du Canada en offrant plus de certitude sur le marché grâce à des droits de PI de qualité accordés en temps opportun, en encourageant et en appuyant l'invention et la créativité grâce à la mise en commun des connaissances, en faisant connaître la PI aux innovateurs pour les encourager à mieux l'exploiter, en aidant les institutions à être concurrentielles dans le monde grâce à la coopération internationale et à la promotion des intérêts du Canada en matière de PI, et en administrant l'office et le régime de PI du Canada de façon efficace.¹

RÉSUMÉ

L'intelligence artificielle (IA) est un domaine technologique qui a suscité un intérêt important ces dernières années. La société devenant de plus en plus dépendante des technologies de pointe, la quantité de données générées par les services complémentaires liés à ces produits a augmenté de façon exponentielle, à tel point que de nouvelles méthodes d'analyse de toutes ces données sont essentielles pour pouvoir en extraire une valeur supplémentaire. Certains considèrent d'ailleurs que les données sont une nouvelle ressource, aussi importante que le « pétrole ».² La société est entrée dans l'ère des mégadonnées, et il est nécessaire de disposer d'outils appropriés pour exploiter cette abondance d'information.

Mesurer l'innovation en matière d'IA est une tâche difficile, car le domaine comprend de nombreuses techniques différentes qui peuvent être largement appliquées dans des secteurs très variés. Même si les inventions brevetées ne sont pas un indicateur universel pour mesurer les activités d'innovation, il n'existe pas de mesure qui saisisse tous les éléments qui composent le processus d'innovation. C'est pourquoi le présent rapport part du principe que l'activité en matière de brevets est un bon indicateur pour mesurer l'innovation dans un secteur technologique donné.

Le présent rapport vise principalement à mettre en évidence les innovations canadiennes entreprises au pays et à l'étranger dans le domaine de l'IA. Ensemble, les chercheurs et les établissements canadiens sont titulaires de 1,8 % (soit 1 516) des 85 144 inventions brevetées déposés dans le domaine de l'IA dans le monde entre 1998 et 2017. Le nombre d'inventions brevetées dans le monde entier dans le domaine de l'IA a augmenté de manière exponentielle au cours des 20 dernières années. En 1998, moins de 2 000 inventions ont été brevetées, alors qu'en 2017, ce nombre est passé à presque 20 000. En 2017, le Canada s'est classé au sixième rang mondial pour le nombre d'inventions brevetées attribués tant à des chercheurs qu'à des établissements canadiens. Le Canada arrive derrière des pays comme la Chine et les États-Unis qui se montrent prolifiques en la matière. Les chercheurs canadiens sont identifiés comme étant spécialisés dans les sous-catégories suivantes d'Application d'IA : le Traitement du langage naturel, la Représentation des connaissances et raisonnement, et la Vision par ordinateur. Par ailleurs, les régions métropolitaines de recensement (RMR) de Toronto, Ottawa-Gatineau et Vancouver concentrent la plus grande partie de l'activité inventive des chercheurs canadiens. Les institutions canadiennes, pour leur part, sont spécialisées non seulement dans les sciences de la vie et les sciences médicales, les sciences physiques et l'ingénierie, mais également dans les télécommunications liées à l'IA. Cependant, elles ne sont pas aussi spécialisées que les institutions de certains autres pays dans le domaine des transports en pleine expansion. Les RMR de Toronto et de Montréal arrivent en tête et affichent l'activité inventive la plus forte pour les institutions, tandis que les RMR d'Ottawa-Gatineau et de Vancouver sont à égalité en troisième position. En ce qui concerne la répartition hommes-femmes parmi les chercheurs canadiens dans le domaine de l'IA, on recense une femme pour six hommes, alors qu'à l'échelle internationale, ce ratio est d'une femme pour trois hommes.

Étant donné que ce rapport se fonde sur des renseignements accessibles au public et qu'il exploite ainsi le précieux contenu des données sur les brevets, on peut se poser la question suivante : des rapports comme celui-ci seront-ils un jour générés par l'IA? Une analyse plus approfondie des données sur les brevets permettrait de déterminer si une technologie susceptible de générer un tel rapport de synthèse a déjà été développée.

INTRODUCTION

Le rythme rapide de l'innovation dans les technologies de l'intelligence artificielle (IA) et le fait qu'elle touche de nombreux secteurs industriels en font un sujet de premier plan pour de nombreuses parties prenantes. Bien que les principales avancées en matière d'IA aient été réalisées ces 70 dernières années, les prémisses du débat sur la création d'une autre forme d'intelligence apparaissent au XIV^e siècle.³ Plusieurs centaines d'années plus tard, en 1943, l'idée de « neurones artificiels » suscite l'intérêt pour les réseaux de neurones informatisés, puis pour l'apprentissage en profondeur.⁴ En 1950, Alan Turing propose ce que l'on appelle aujourd'hui le « test de Turing » : un jeu d'imitation qui teste l'intelligence d'une machine en mesurant sa faculté à imiter le comportement sensible de l'être humain.⁵ Ces années de réflexion ont finalement conduit à la création du terme « intelligence artificielle » en 1955 par John McCarthy, Marvin Minsky, Nathaniel Rochester et Claude Shannon dans le cadre d'un projet de recherche qui visait à étudier la capacité de raisonnement des machines.⁶

Aux progrès importants réalisés durant les premiers temps de la recherche sur l'IA a succédé ce que l'on appelle maintenant communément « l'hiver de l'IA », une période durant laquelle les activités commerciales et scientifiques liées à l'IA ont connu un déclin spectaculaire.⁷ Cette régression qui a pris fin dans les années 1970 a considérablement freiné les avancées dans le domaine.⁸ Néanmoins, des progrès constants ont été accomplis ces dernières années. La disponibilité des données, associée à la plus grande puissance de calcul des machines, a entraîné un véritable essor de l'IA.⁹

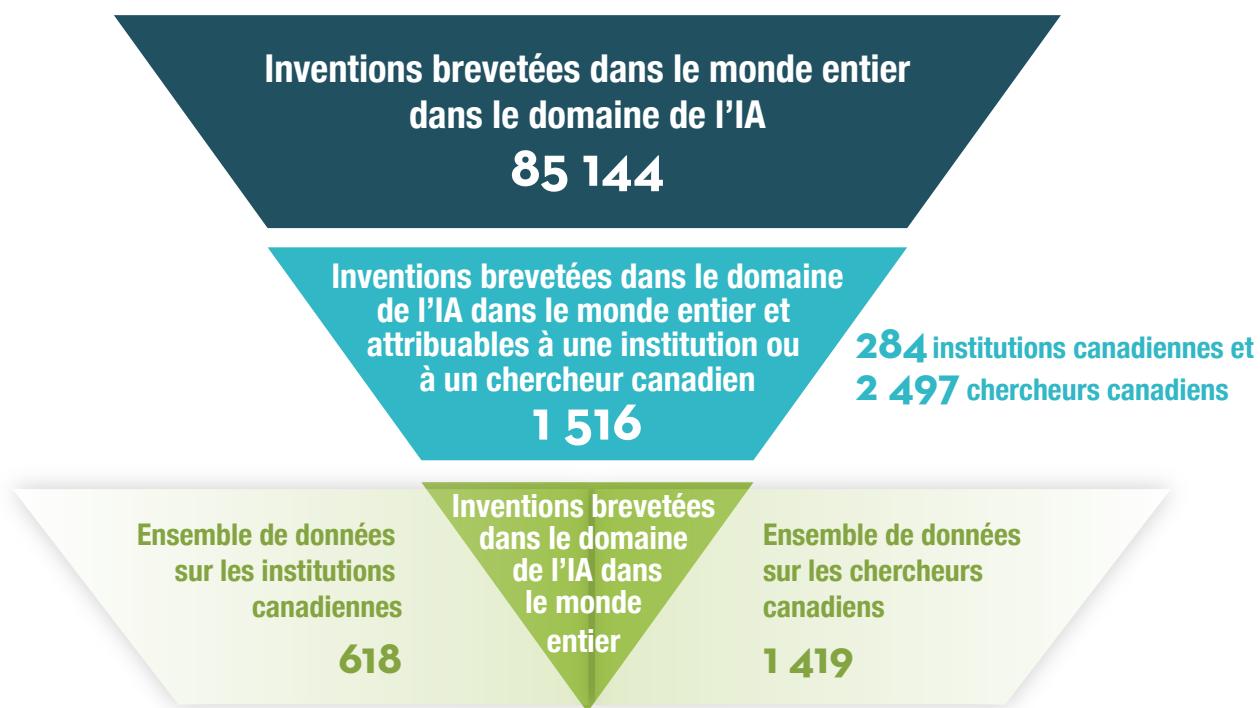
L'élaboration d'une définition universellement acceptée de l'IA pour le besoin des brevets est un défi de taille. En raison de l'évolution constante de l'IA, la définition doit être continuellement retravaillée pour y incorporer la terminologie la plus récente et ainsi tenir compte des nouvelles découvertes. L'Organisation mondiale de la propriété intellectuelle (OMPI) a été l'une des premières institutions chargées de la protection de la propriété intellectuelle (PI) à fournir un aperçu général du brevetage dans le domaine de l'IA à l'aide d'une définition adaptée aux brevets. Par la suite, l'Office de la propriété intellectuelle du Royaume-Uni (UKIPO) a développé sa propre stratégie de recherche et a publié un rapport décrivant le paysage des brevets d'IA au Royaume-Uni. S'appuyant sur les travaux de l'UKIPO, l'OPIC a adopté la méthode de son homologue dans ce rapport et l'a élargie pour esquisser le paysage des brevets canadiens déposés au Canada et à l'étranger plutôt que de se concentrer uniquement sur ceux qui sont déposés auprès de l'OPIC (voir les détails à l'annexe A). Ces recherches visent à mettre en évidence les domaines dans lesquels les chercheurs canadiens et les institutions canadiennes sont les plus innovants et à cerner ceux dans lesquels ils sont relativement plus spécialisés par rapport au reste du monde. Étudier séparément les chercheurs et les institutions permet de mieux comprendre l'état de l'innovation dans le domaine de l'IA. Comprendre les atouts technologiques que les chercheurs et les institutions confèrent au Canada est utile aux responsables politiques qui élaborent des politiques ciblées conçues pour accroître nos forces dans des domaines technologiques précis avec pour objectif ultime de faire progresser l'innovation.

En définitive, ce rapport est l'aboutissement d'une revue de la littérature, d'une compilation de renseignements sur les organisations, d'une stratégie de recherche de brevets étendue et ciblée, et d'un examen approfondi des différences entre l'activité de dépôt des institutions canadiennes et celle des chercheurs canadiens, indépendamment de leurs affiliations aux institutions et de la nationalité de ces entités. La partie suivante du rapport traite de l'utilisation de l'ensemble de données sur les brevets comme indicateur de l'innovation dans le domaine de l'IA. La troisième partie décrit le paysage international des brevets en fonction de l'origine des noms des personnes associées aux inventions brevetées, ci-après dénommées « cessionnaires ». Les quatrième et cinquième parties portent respectivement sur les inventions brevetées dans le domaine de l'IA par les institutions canadiennes et par les chercheurs canadiens. Ces deux parties dressent un aperçu détaillé de l'activité de dépôt en examinant les domaines de spécialisation en fonction de la sous-catégorie d'IA, des acteurs principaux, de la répartition géographique dans le pays et des cartes panoramiques des inventions brevetées. Les détails qui y sont présentés sont utiles pour mieux comprendre l'évolution et l'état actuel de l'innovation dans ce domaine technologique. La sixième partie retrace la collaboration de l'OPIC avec Statistique Canada et fait la lumière sur l'industrie, la taille et les caractéristiques de propriété des institutions canadiennes qui brevetent des inventions dans le domaine de l'IA.

ENSEMBLE DE DONNÉES

La ventilation de l'ensemble de données utilisé pour le présent rapport, qui couvre la période allant de 1998 à 2017, est présentée à la Figure 1. L'ensemble de données mondiales comprend environ 85 000 inventions brevetées dans le domaine de l'IA. Collectivement, les chercheurs canadiens et les institutions canadiennes représentent 1,8 % de l'ensemble de données internationales, c'est-à-dire plus de 1 500 inventions brevetées. Notre analyse divise cet ensemble de données en deux sous-ensembles en examinant séparément les données portant sur les dépôts effectués par les institutions canadiennes et celles portant sur les dépôts effectués par les chercheurs canadiens. L'ensemble de données sur les institutions est composé de 284 institutions canadiennes, qui, aux fins de cette analyse, comprennent des institutions universitaires, des entreprises et des organismes gouvernementaux. Au total, ces institutions ont breveté plus de 600 inventions. L'ensemble de données sur les chercheurs regroupe environ 2 500 inventeurs canadiens dont les noms sont associés à plus de 1 400 inventions brevetées.

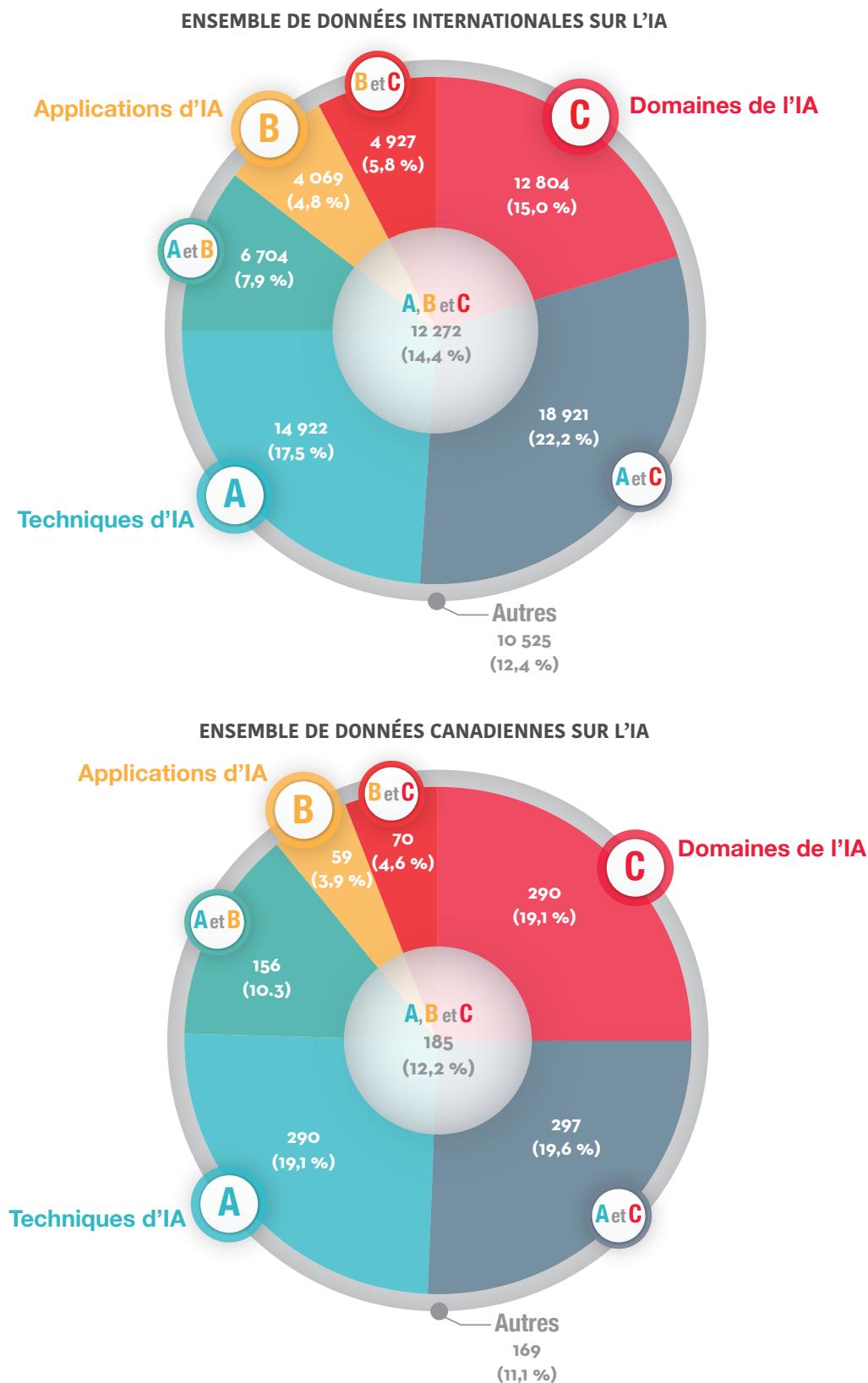
Figure 1 : Répartition des inventions brevetées dans le domaine de l'IA par ensemble de données analysé dans ce rapport



Afin de mieux comprendre quels sont les points forts du Canada en matière d'IA et comment le Canada se situe par rapport à d'autres pays, l'ensemble de données internationales est ventilé davantage à l'aide de la taxonomie présentée par l'OMPI dans son rapport *Tendances technologiques 2019 - Intelligence artificielle*.¹⁰ La taxonomie, qui est basée sur le système de classification informatique de l'Association for Computing Machinery (ACM), consiste à classer les données en trois catégories : les Techniques d'IA, les Applications d'IA et les Domaines de l'IA. La catégorie des Techniques d'IA comprend des formes avancées de modèles statistiques qui facilitent les tâches de calcul généralement effectuées par les humains. La catégorie des Applications d'IA comprend les fonctions qui peuvent être réalisées à l'aide d'une ou de plusieurs Techniques d'IA, et la catégorie des Domaines de l'IA comprend les différents domaines, secteurs ou disciplines dans lesquels les techniques et les applications d'IA peuvent être utilisées. La ventilation de l'ensemble des données sur les inventions brevetées liés à l'IA dans ces trois catégories est pertinente sur le plan analytique, car chaque catégorie représente l'évolution de l'IA sous différents angles, allant des aspects techniques fondamentaux de l'IA aux applications de l'IA au niveau fonctionnel ou dans des secteurs bien précis. La Figure 2 présente ces données ventilées selon ces trois catégories. Ces catégories d'IA ont été établies en associant des codes de la Classification internationale des brevets (CIB), des codes de la Classification coopérative des brevets (CPC) et des mots clés pertinents inclus dans chaque invention brevetée.¹¹ En classant les inventions brevetées dans chacune de ces catégories désignées, on constate que tous ne sont pas classés en fonction de ces regroupements précis. De futurs travaux pourraient consister à analyser ces inventions brevetées afin de déterminer s'ils sont représentatifs de domaines émergents de l'IA qui ne font pas encore partie de la classification.

L'ensemble de données canadiennes est classé selon la même approche que l'ensemble de données internationales. L'une des différences les plus notables entre les deux ensembles est la plus grande proportion d'inventions canadiennes classées dans la catégorie des Domaines de l'IA uniquement, par opposition à la proportion d'inventions entrant à la fois dans la catégorie des Domaines de l'IA et celle des Techniques d'IA. Par ailleurs, un pourcentage plus élevé d'inventions brevetées au Canada sont classées à la fois dans la catégorie des Techniques d'IA et celle des Applications d'IA, et non pas seulement dans cette dernière catégorie. Le pourcentage d'inventions situées à l'intersection des Applications d'IA et des Domaines de l'IA est plus faible dans l'ensemble de données canadiennes que dans l'ensemble de données internationales. On ne note pas de différences importantes pour le pourcentage d'inventions situées à l'intersection des trois catégories, comme le montre le cercle intérieur de chaque diagramme, ni pour le cercle extérieur représentant la catégorie « Autres ».

Figure 2 : Répartition des inventions brevetées dans les catégories d'IA pour les ensembles de données internationales et canadiennes sur l'IA



IMPORTANCE INTERNATIONALE DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE DANS LE DOMAINE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE



L'IA a ouvert la voie à des approches plus innovantes et futuristes des tâches quotidiennes. Des véhicules autonomes aux jouets intelligents, l'IA est devenue synonyme de produits à la pointe de l'innovation. Pour protéger les avancées récentes, les principaux acteurs, comme les universités, les entreprises et les organismes de recherche publics, se sont tournés vers les droits de propriété intellectuelle pour protéger leurs nouvelles technologies. Le développement rapide de l'IA a conduit à la protection des inventions de deux manières : 1) par un brevet et 2) par une publication scientifique.¹²

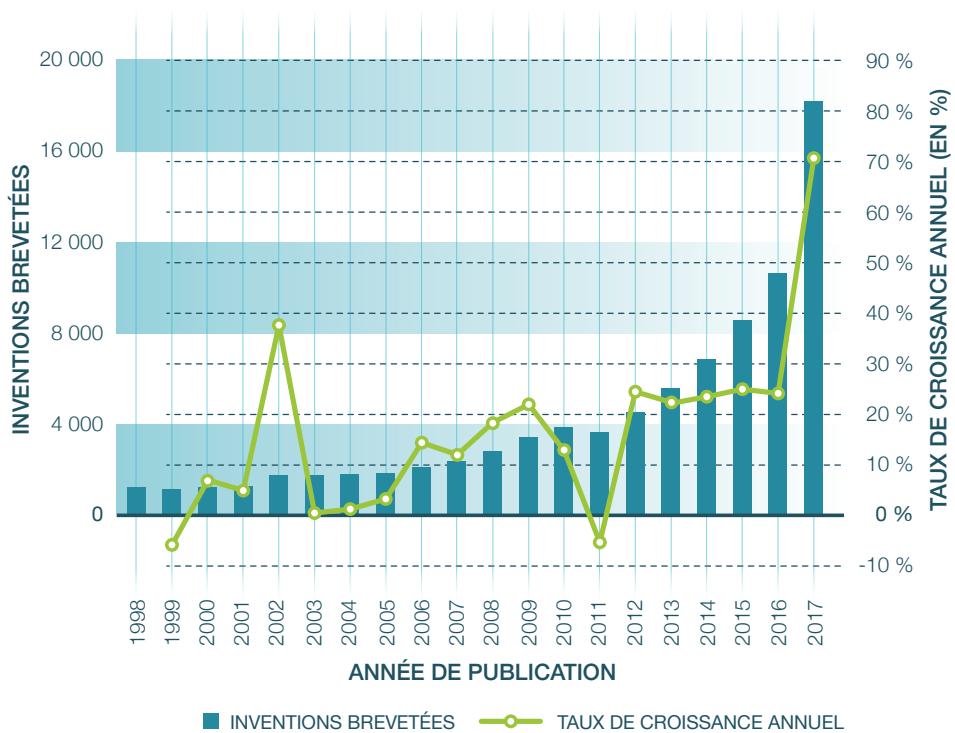
Le Canada, le Royaume-Uni, l'Australie et l'Allemagne sont les leaders en matière de publications scientifiques sur certaines applications d'IA.¹³ Stratégiquement, les acteurs peuvent publier leurs travaux dans des revues scientifiques afin que ceux-ci tombent dans le domaine public, ce qui empêche d'autres de breveter leur invention.¹⁴ Les pays ayant ratifié la Convention sur le brevet européen ne considèrent pas les programmes informatiques comme des objets brevetables. En revanche, les États-Unis ne suivent pas ces restrictions.¹⁵ Au Canada, la *Loi sur les brevets* stipule qu'un brevet ne peut être délivré que pour l'incarnation physique d'une idée, et, par conséquent, les programmes informatiques ne sont pas considérés comme des objets brevetables.¹⁶ Pour interpréter l'analyse dans les sections suivantes, il est important de garder à l'esprit que la culture du brevetage dans le domaine de l'IA évolue et varie actuellement selon les pays, ce qui pourrait avoir une certaine influence sur l'activité globale en matière de brevets, mesurée par le nombre de d'inventions brevetées.

Tendances en matière de dépôt de brevets

Comme le montre la Figure 3, entre 2011 et 2017 les dépôts de brevets dans le domaine de l'IA à l'échelle mondiale ont considérablement augmenté, enregistrant une hausse annuelle moyenne de 31 %. Des recherches supplémentaires devraient être entreprises afin de comprendre les facteurs responsables de cette augmentation. Outre le fait que les chercheurs sont de plus en plus nombreux à breveter leurs inventions fondées sur l'IA, il serait utile de comprendre si cette augmentation est due au fait que les chercheurs reconnaissent de plus en plus la valeur de la protection par brevet pour les inventions en lien avec l'IA.



Figure 3 : Activité internationale en matière de brevets dans le domaine de l'IA entre 1998 et 2017



La Figure 4 illustre l'évolution des inventions brevetées publiés au fil du temps en fonction du pays d'origine du cessionnaire, un terme qui désigne les institutions et les chercheurs auxquels sont cédés les droits sur une invention. La Chine a fait des progrès considérables dans le brevetage des inventions liées à l'IA et est responsable de la majeure partie de la croissance mondiale de cette dernière décennie. Les cessionnaires canadiens se classent au sixième rang en termes de nombre absolu d'inventions brevetées, derrière les cessionnaires originaires de l'Allemagne et devant ceux du Royaume-Uni. L'augmentation des demandes de cessionnaires originaires des États-Unis est probablement le résultat des politiques du gouvernement américain visant à promouvoir l'innovation dans ce domaine.¹⁷

Il convient de noter que la représentation de la Chine dans l'ensemble de données internationales portant sur les dépôts nationaux est incomplète pour la période visée dans cette analyse.ⁱ Par conséquent, le présent rapport n'utilisera pas les données sur la Chine comme référence pour évaluer le rendement du Canada. Les inventions brevetées de déposantsⁱⁱ chinois qui sont déposés à l'étranger sont supposés être recensés avec précision par les bureaux de dépôt chargés d'administrer les dépôts internationaux.

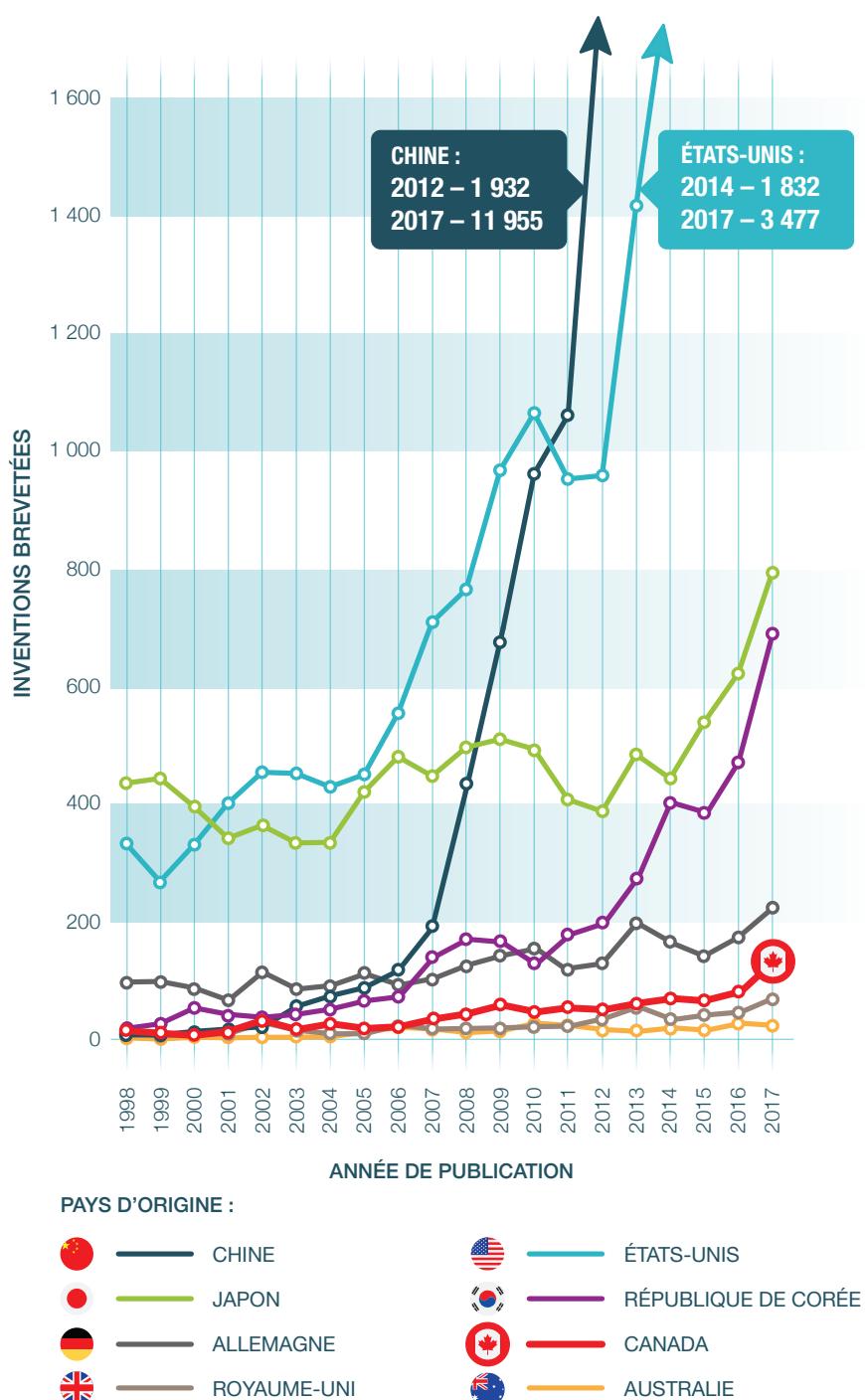
ⁱ L'examen de l'ensemble de données a révélé que les données sur les inventions brevetées des déposants chinois, contenues dans la base de données PATSTAT de l'Office européen des brevets, étaient incomplètes. Selon les explications données par un représentant de PATSTAT, cela est dû au fait que l'Administration nationale chinoise de la propriété intellectuelle (CNIPA) a progressivement réduit la quantité de renseignements fournis au sujet des déposants. Le tableau suivant illustre cette situation :

<https://public.tableau.com/profile/patstat.support#/vizhome/CoverageofPATSTAT2019SpringEdition/CoveragePATSTATGlobal>

ⁱⁱ Le terme « déposant » désigne à la fois les cessionnaires et les chercheurs d'une invention brevetée.



Figure 4 : Tendance de l'activité en matière de brevets dans le domaine de l'IA par pays d'origine du cessionnaire entre 1998 et 2017

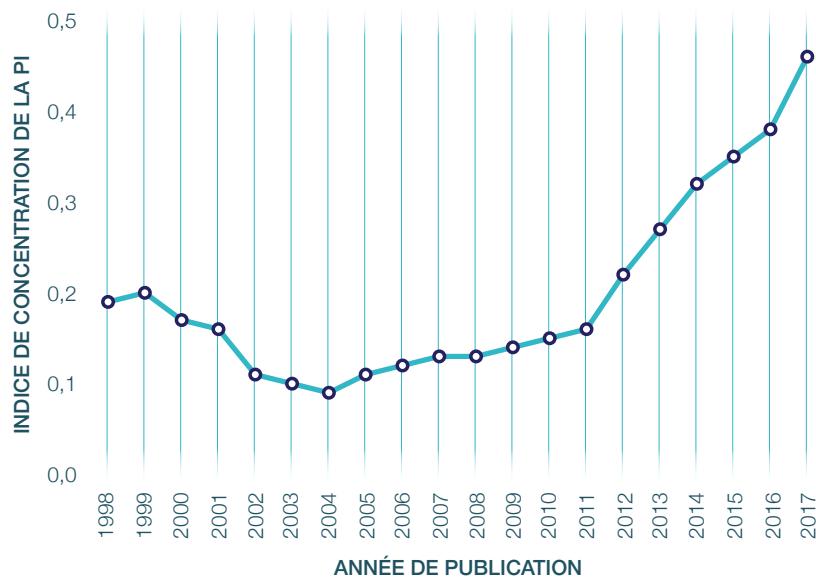


Concentration de la PI

Afin de mesurer la prédominance des cessionnaires de certains pays dans le brevetage des inventions liées à l'IA au fil du temps, une mesure appelée indice de concentration de la propriété intellectuelle (ICPI) a été mise au point. Cet indice peut être utilisé pour déterminer la compétitivité d'une industrie ou d'un domaine technologique en fonction de la répartition d'inventions brevetées détenus par tous les pays actifs dans cette industrie ou ce domaine (détails supplémentaires à l'annexe C). Un indice plus proche de 0 indique un environnement mondial plus compétitif, composé d'un grand nombre de pays moins actifs, tandis qu'un indice plus proche de 1 indique un environnement mondial plus concentré, composé de quelques pays dominants.

La Figure 5 illustre l'évolution de la valeur de l'ICPI à l'échelle mondiale au fil du temps. Après la baisse initiale de l'indice au début des années 2000, on constate une augmentation progressive de sa valeur au fil des ans, ce qui reflète une augmentation de la concentration d'inventions brevetées dans le domaine de l'IA par pays d'origine. Il est intéressant de noter que l'indice s'approche de 0,5 en 2017, ce qui indique un duopole : une situation où les cessionnaires de deux pays déposent principalement des brevets en rapport avec l'IA. Compte tenu de la tendance observée à la Figure 4, on peut établir avec certitude que ces deux pays sont la Chine et les États-Unis, puisqu'ils représentent ensemble 85 % des inventions brevetées dans le monde en 2017.

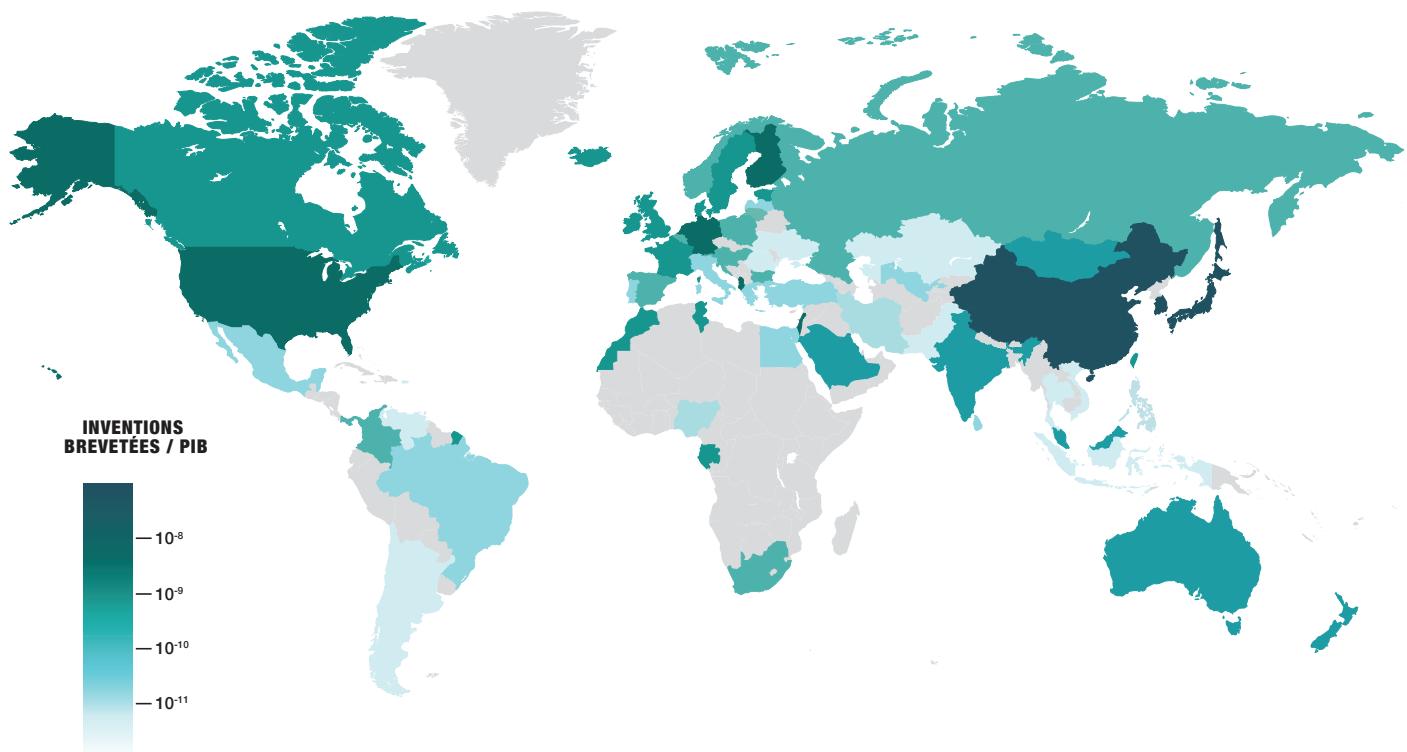
Figure 5 : Indice de concentration de la propriété intellectuelle dans le domaine de l'IA entre 1998 et 2017





La Figure 6 donne une représentation des pays influents dans le domaine de l'IA. Un comptage fractionnaire des cessionnaires d'inventions brevetées est effectué afin de mieux représenter la répartition des cessionnaires en fonction de leurs différents pays d'origine. Cette approche évite de compter deux fois les cessionnaires tout en comptabilisant avec précision les inventions brevetées comportant plusieurs cessionnaires, parfois de pays différents. Par exemple, dans le cas où une invention est brevetée par un chercheur américain et deux chercheurs canadiens, le Canada se verrait attribuer les deux tiers du nombre d'inventions brevetées, tandis que les États-Unis se verrait attribuer le tiers restant. Les chiffres sont normalisés en fonction du produit intérieur brut (PIB) afin de tenir compte du poids économique des pays. Même lorsque ce facteur est pris en compte, la Chine et les États-Unis restent les leaders dans ce domaine, suivis du Japon et de la République de Corée.

Figure 6 : Activité mondiale en matière de brevets par pays d'origine du cessionnaire dans le domaine de l'IA entre 1998 et 2017

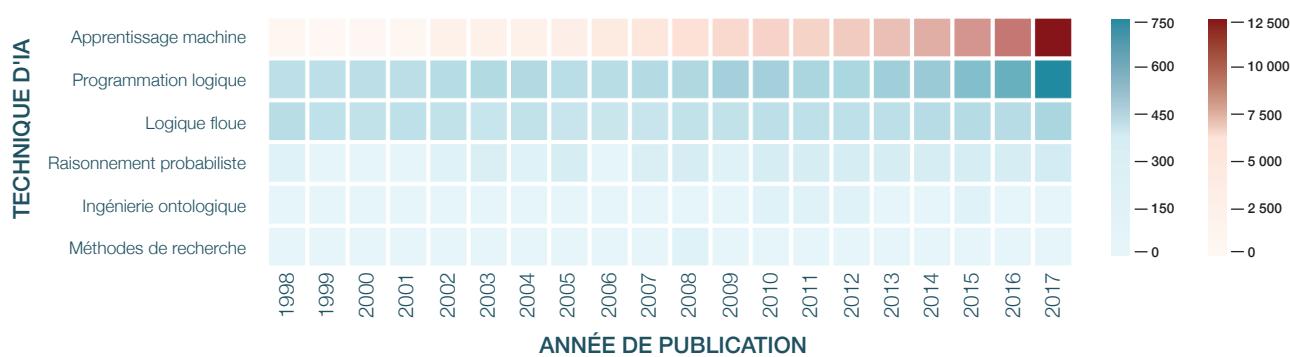


Classification des brevets en IA

En examinant de plus près les données internationales, dans la Figure 7 on constate que 88 % des inventions brevetées classés dans la catégorie des Techniques d'IA sont liés à l'Apprentissage machine. En raison de la différence importante entre le volume d'inventions brevetées dans le domaine de l'Apprentissage machine et ceux dans les autres sous-catégories des Techniques d'IA, l'évolution des volumes pour l'Apprentissage machine est représentée sur une échelle différente, symbolisée par des nuances d'orange.

Les inventions brevetées en rapport avec l'Apprentissage machine ont augmenté de 63 % par an entre 2011 et 2017. Bien que la Chine soit l'auteure de la plupart des inventions brevetées dans ce domaine, on observe la même tendance pour les huit principaux pays en matière de brevets d'IA et présentés à la Figure 4. Il est à noter que 37 % des inventions brevetées ne sont pas classés dans les sous-catégories prédéfinies des Techniques d'IA. Le dépôt de brevets dans ce sous-groupe non défini de la catégorie traditionnelle des Techniques d'IA a connu une augmentation de 23 % entre 2011 et 2017. Il sera intéressant de suivre la croissance de ce sous-groupe pour voir si de nouvelles techniques d'IA apparaissent au fur et à mesure de l'évolution de ce domaine technologique.

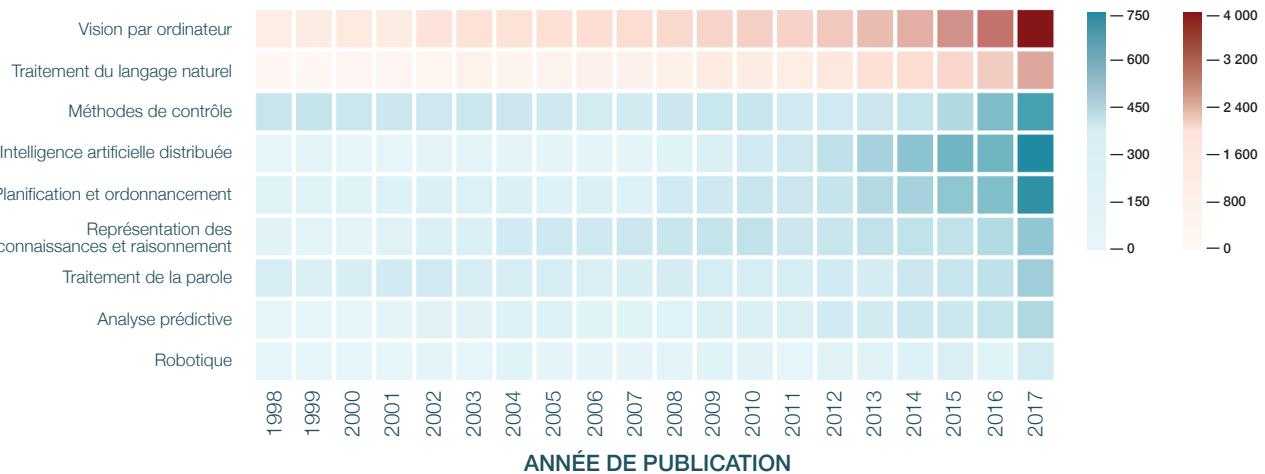
Figure 7 : Croissance de l'activité mondiale en matière de brevets d'IA par Technique d'IA



En ce qui concerne les Applications d'IA, on constate que l'IA a été de plus en plus appliquée dans le cadre des inventions brevetées dans le domaine de la Vision par ordinateur au cours des vingt années étudiées. Ce n'est qu'en 2006 que le Traitement du langage naturel a commencé à émerger en tant que domaine clé de l'innovation en rapport avec l'IA. Il est également important de souligner que 66 % des inventions brevetées ne sont pas classés dans les sous-catégories désignées des Applications d'IA. Cela peut signifier que des travaux supplémentaires sont nécessaires pour recenser d'autres groupes liés aux Applications d'IA ou, à défaut, que de nouvelles applications d'IA sont brevetées et ne sont pas encore définies. Il s'agit là de l'une des difficultés qui se présentent lorsqu'on étudie un domaine technologique qui évolue très rapidement et qui est difficile à définir avec précision.

Figure 8 : Croissance de l'activité mondiale en matière de brevets d'IA par Application d'IA

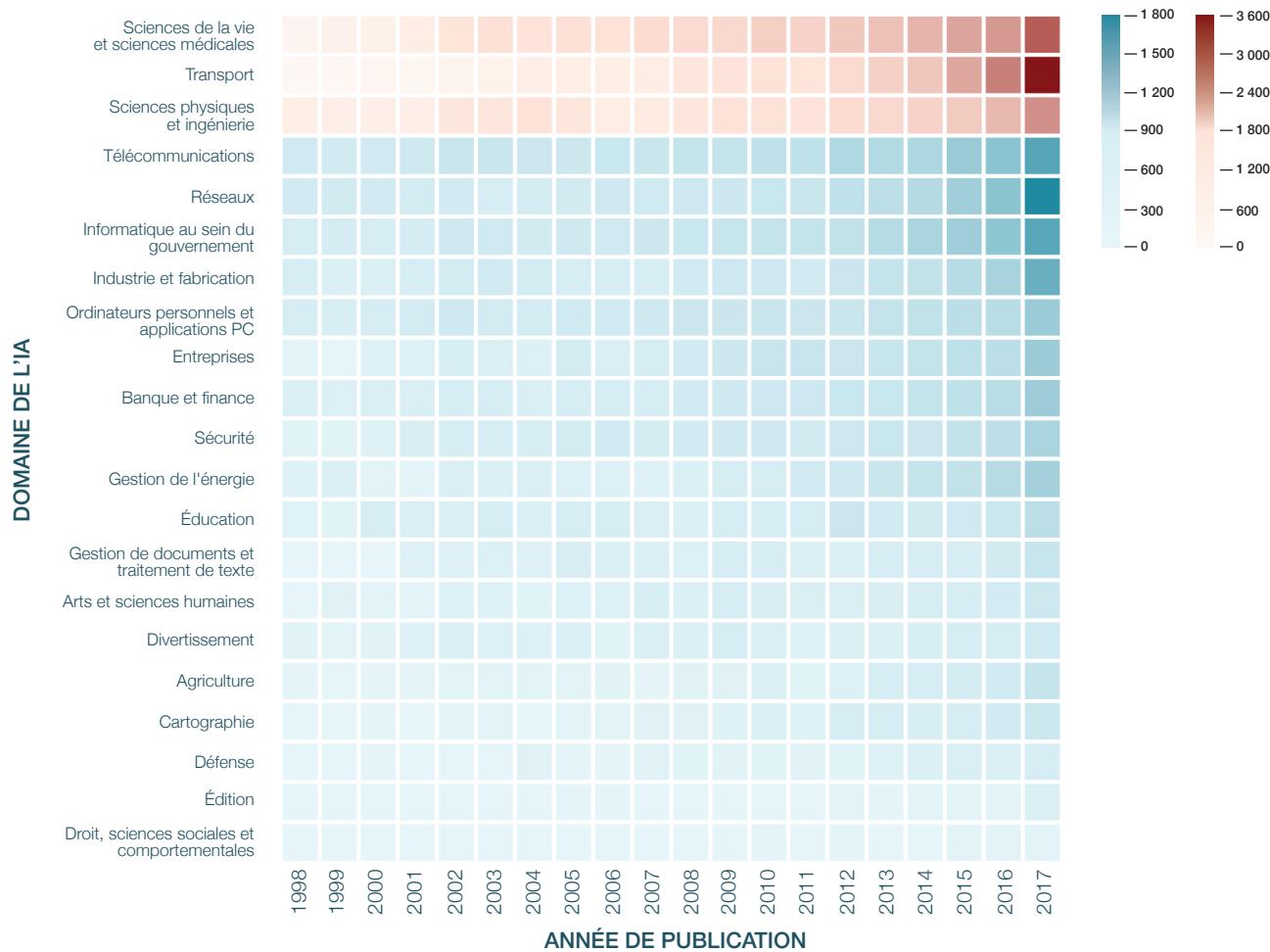
APPLICATION D'IA



En ce qui concerne les Domaines de l'IA sur la période 1998-2017, le domaine des Sciences de la vie et sciences médicales reste l'un des principaux domaines dans lequel des inventions fondées sur l'IA sont brevetées. Le domaine des Sciences physiques et ingénierie est un autre domaine dans lequel l'IA fait l'objet de nombreux inventions brevetées. Avec l'intérêt croissant pour les véhicules autonomes, il est intéressant de noter l'augmentation du nombre d'inventions brevetées en lien avec l'IA classés dans le domaine des Transports, en particulier au cours des six dernières années. Dans une économie où l'industrie des transports constitue un secteur d'emploi porteur, il sera important de suivre le rythme de l'apparition et de l'utilisation des technologies d'IA dans les transports. Comme c'est le cas pour les deux groupes susmentionnés, on constate que 34 % des inventions brevetées ne sont pas classés dans les sous-catégories prédéfinies des Domaines de l'IA.



Figure 9 : Croissance de l'activité mondiale en matière de brevets d'IA par Domaine de l'IA



Étant donné que 12,4 % des inventions brevetées n'appartiennent à aucune des catégories désignées pour l'IA, la décision a été prise de les examiner de plus près. À l'instar de la tendance croissante à breveter des inventions fondées sur l'IA, la tendance à ne pas classer ces inventions dans une catégorie précise est également en hausse, comme le montre la Figure 10. En approfondissant l'analyse des données pour relever les codes de la CIB et de la CPC, on remarque que beaucoup d'inventions brevetées non classées appartiennent aux sous-classes Go6F, Go6K, Go6N et Go6Q, qui portent sur le traitement des données et les systèmes connexes, la reconnaissance des données et les systèmes informatiques basés sur des modèles de calcul spécifiques. Des recherches supplémentaires sur ces inventions brevetées pourraient être menées afin de cerner les nouvelles technologies de l'IA qui ne sont pas prises en compte par la définition utilisée dans ce rapport.

Figure 10 : Croissance de l'activité mondiale en matière de brevets d'IA pour les inventions brevetées non classées dans une catégorie pré définie de l'IA



ANALYSE DE LA SITUATION DU CANADA

Cette partie donne un aperçu de la contribution du Canada au domaine de l'IA en se concentrant sur les chercheurs qui ont breveté des inventions entre 1998 et 2017. La participation du Canada dans ce domaine est probablement beaucoup plus importante si l'on tient compte des chercheurs qui ont recours à des formes non officielles de PI, notamment le secret commercial et la participation à des publications scientifiques. À l'aide des renseignements extraits des données sur les brevets, ce rapport fournit un aperçu partiel du niveau d'activité global dans le domaine de l'IA.

Chercheurs canadiens

À mesure que les organisations se tournent vers le monde de l'IA en constante évolution, les chercheurs, les universitaires et les experts sont de plus en plus sollicités. Cette pression a conduit les institutions universitaires à promouvoir le financement des disciplines liées à l'IA, telles que l'informatique, l'ingénierie électrique et électronique, les mathématiques, les statistiques et les neurosciences, pour n'en citer que quelques-unes.¹⁸ À leur tour, de nombreux gouvernements ont pris l'initiative de retenir les personnes formées dans leur pays tout en attirant simultanément celles qui ont été formées à l'étranger. Dans son *Rapport mondial 2019 sur les talents en IA*¹⁹, Element AI fait le constat suivant : « [...] le bassin de talents en IA est très mobile : environ un tiers des chercheurs travaillent pour un employeur situé dans un pays différent de celui où ils ont obtenu leur doctorat ». Au sein de ce bassin de talent, le Canada est l'un des leaders de la recherche à fort impact. Selon Element AI, un pays qui mène la recherche à fort impact est un pays où « [...] un pourcentage plus élevé que la moyenne de la réserve locale de talents apporte d'importantes contributions au domaine [...] » de l'IA. C'est ce qui explique que le Canada soit considéré comme un pays plateforme : un pays dans lequel on constate un flux entrant et sortant de talents. Les recherches présentées dans cette partie corroborent cette affirmation.

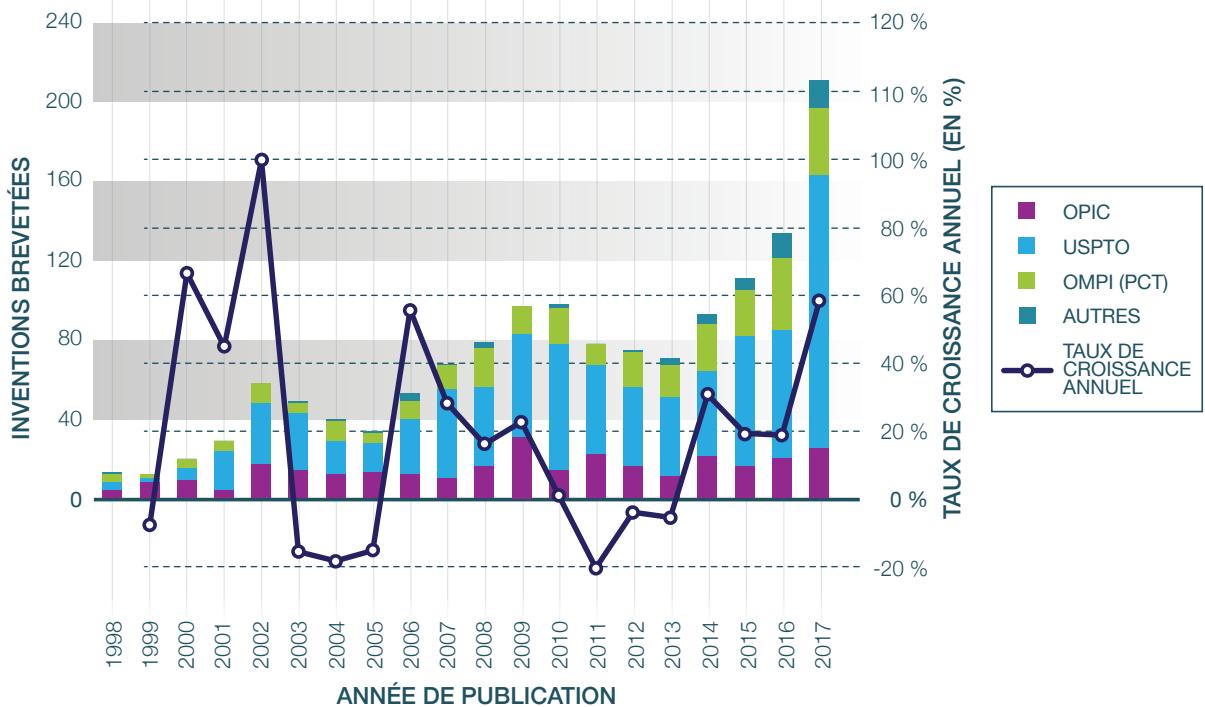


Tendances en matière de dépôt de brevets

L'activité de dépôt de brevets par les chercheurs canadiens en IA a connu des pics au cours des 20 dernières années, dont une augmentation importante au cours des cinq dernières années. La croissance annuelle moyenne de 31 % sur cette courte période est similaire au taux de croissance enregistré dans le reste du monde. Comme le montre la Figure 11, les inventions brevetées par les chercheurs canadiens ont augmenté progressivement entre 1998 et 2001, avant de connaître une forte hausse en 2002. Le Canada a connu un taux de croissance annuel moyen de 24 % entre 2005 et 2010, soit un taux légèrement plus élevé que le taux de croissance mondial de 20 % observé pendant cette période.



Figure 11 : Activité en matière de brevets des chercheurs canadiens en IA entre 1998 et 2017

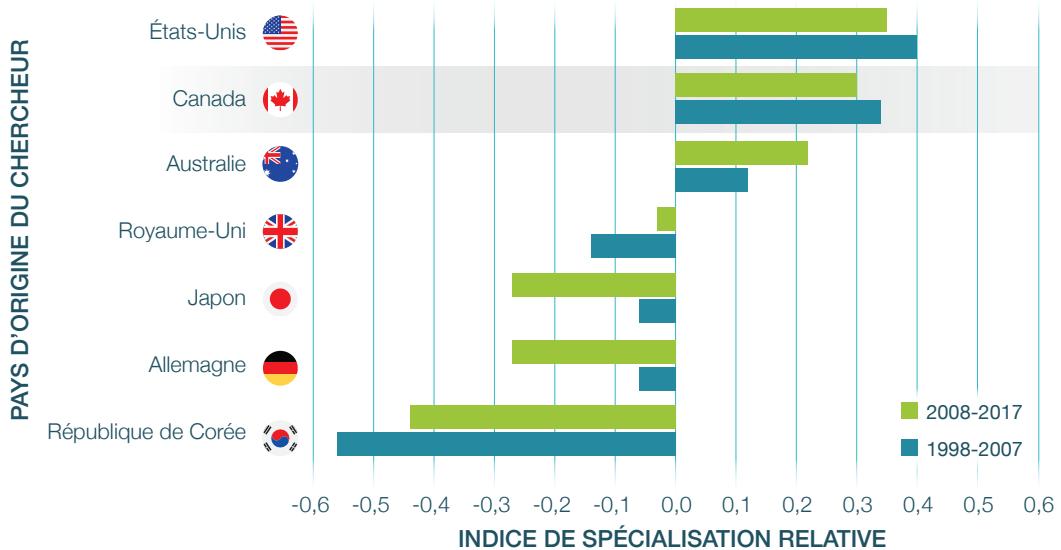


Spécialisation relative des chercheurs canadiens

L'utilisation de l'indice de spécialisation relative (détails supplémentaires à l'annexe D) permet de mieux comprendre le rendement d'un pays au chapitre de l'activité en matière de brevets dans le domaine de l'IA. Cette mesure se fonde sur la concentration des inventions brevetées dans certains domaines pour permettre de comparer les secteurs technologiques entre des pays de tailles différentes. On peut ainsi déterminer la proportion d'inventions brevetées dans le domaine de l'IA par un pays parmi le nombre total d'inventions brevetées que ce dernier produit pendant une période donnée. Les pays ayant un indice supérieur à zéro sont considérés comme relativement spécialisés par rapport au reste du monde. Inversement, les pays dont l'indice est inférieur à zéro sont considérés comme n'ayant pas de spécialisation dans le domaine de l'IA. La Figure 12 intègre une dimension temporelle pour présenter l'évolution du degré de spécialisation en divisant l'ensemble de données en deux périodes de 10 ans. Il est intéressant de constater que la valeur de l'indice pour le Canada, l'Allemagne, le Japon et les États-Unis, a diminué par rapport à la première décennie.

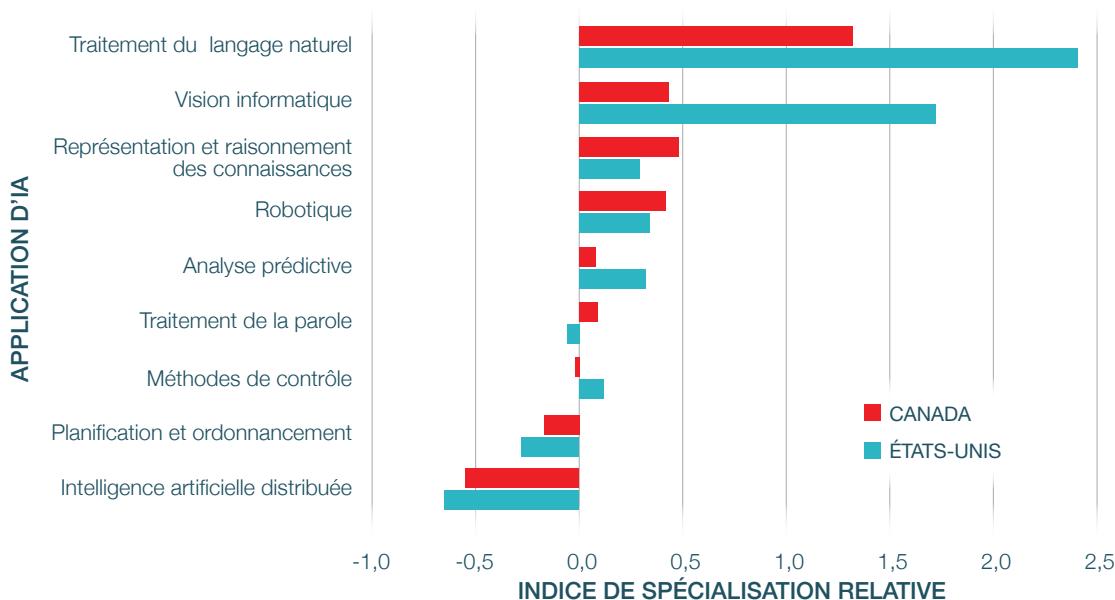


Figure 12 : Indice de spécialisation relative par pays d'origine du chercheur en IA



L'indice peut être décomposé davantage par catégorie d'Applications d'IA afin de déterminer les domaines dans lesquels les chercheurs canadiens sont spécialisés. Comme le montre la Figure 13, les chercheurs canadiens sont hautement spécialisés en Représentation des connaissances et du raisonnement ainsi qu'en Traitement naturel du langage. Il est intéressant de comparer les valeurs de l'indice de spécialisation relative pour le Canada et les États-Unis, car le Canada semble s'affirmer face à un pays qui est, de manière générale, un leader mondial de l'activité en matière de brevets liés à l'IA. La question se pose alors : comment exploiter le talent des chercheurs canadiens pour faire progresser l'innovation dans ce domaine et ainsi renforcer encore cette spécialisation?

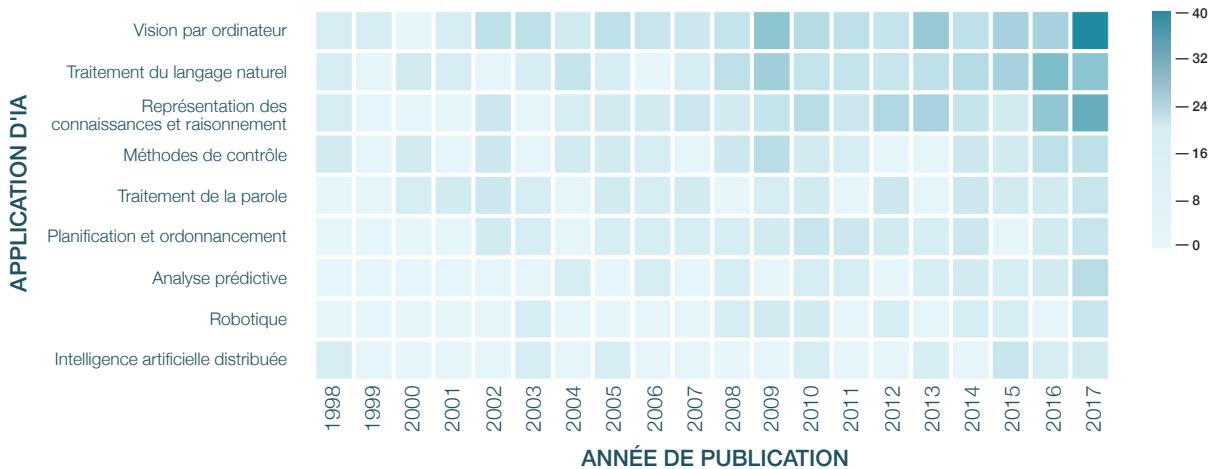
Figure 13 : Indice de spécialisation relative par Application d'IA pour les chercheurs américains et canadiens





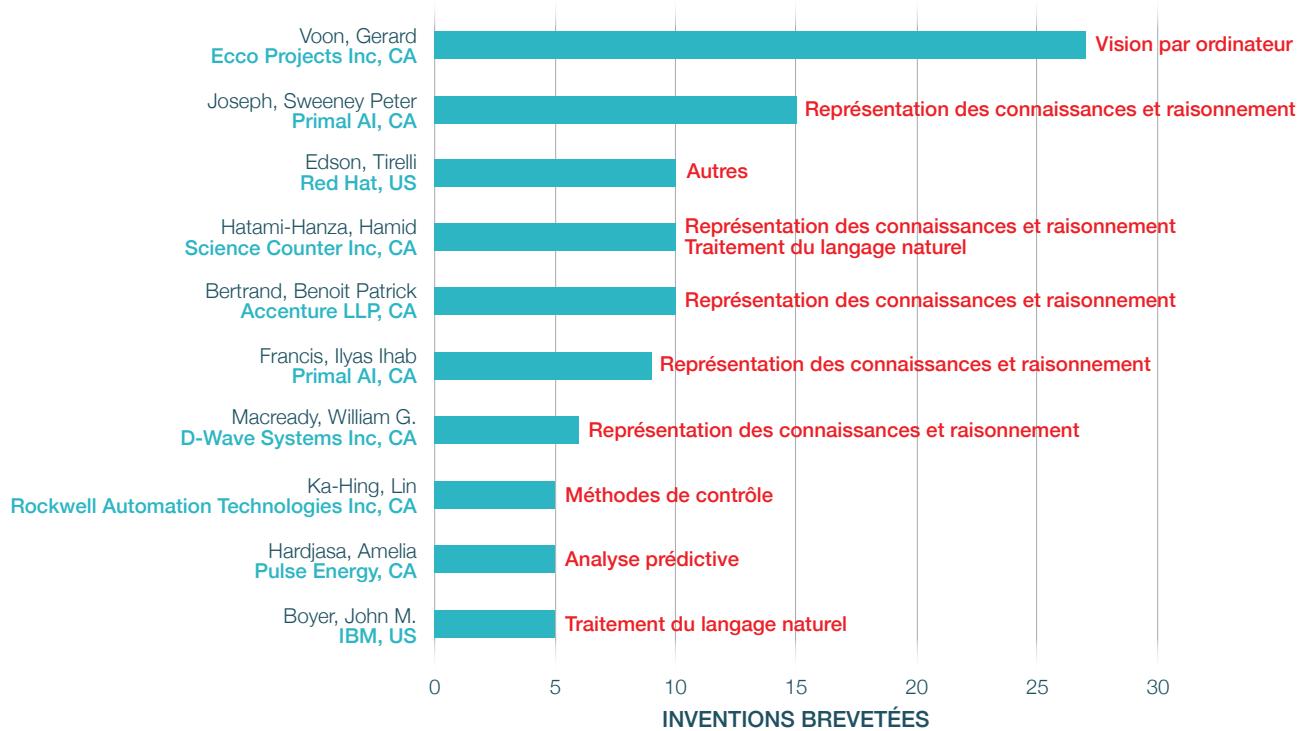
En ce qui concerne le nombre absolu d'inventions brevetées, il est rassurant de constater que les chercheurs canadiens sont des déposants prolifiques dans leurs domaines de spécialisation. Ce n'est pas toujours le cas, notamment dans la Robotique où les chercheurs canadiens ne détiennent pas beaucoup d'inventions brevetées, mais sont considérés comme spécialisés dans ce domaine par rapport aux chercheurs d'autres pays qui déposent un nombre proportionnellement plus faible d'inventions brevetées.

Figure 14 : Évolution du nombre d'inventions brevetées par les chercheurs canadiens dans diverses Applications d'IA



Les principaux chercheurs canadiens qui sont titulaire d'inventions brevetées liées au domaine de l'IA sont présentés à la Figure 15 ci-dessous. L'institution de chaque chercheur et son principal domaine d'expertise sont indiqués respectivement en bleu et en rouge. Il est intéressant de noter que 93 % des institutions canadiennes comptent au moins un chercheur canadien titulaire d'une invention brevetée inclus dans cet ensemble de données. Cependant, seulement 51 % des chercheurs canadiens dans le domaine de l'IA sont rattachés à des institutions canadiennes ou à une filiale canadienne d'une société multinationale. Si l'on se concentre sur les 10 principaux chercheurs, seuls deux sont rattachés à des institutions internationales. Les chercheurs canadiens qui déposent le plus de brevets sont très présents au Canada et travaillent pour des entreprises reconnues, comme Primal AI et D-Wave Systems.

**Figure 15 : Principaux chercheurs canadiens avec mention de leur institution d'attaché (en bleu)
et de leur principal domaine d'expertise (en rouge)**



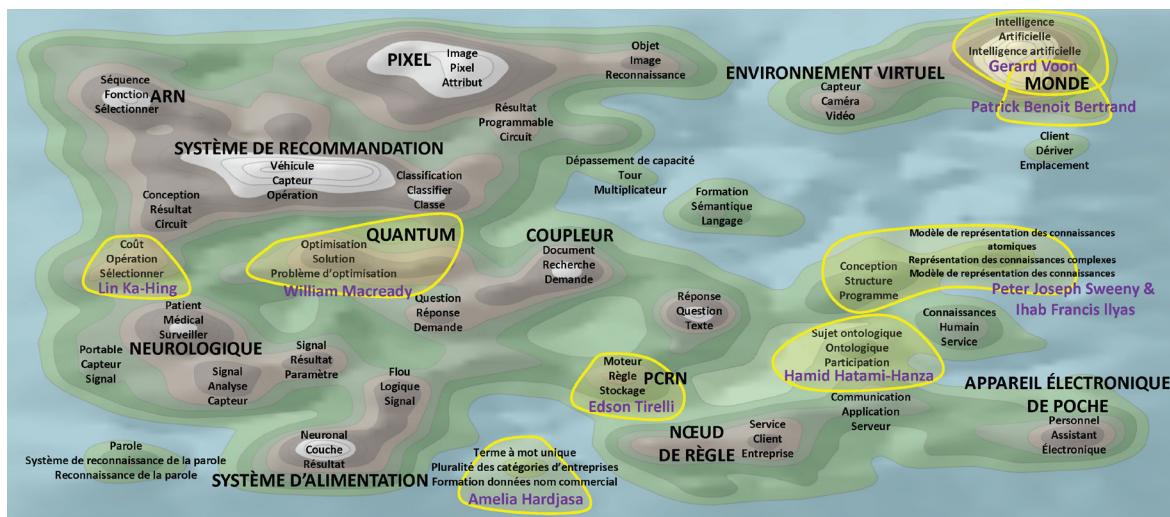
Au-delà de l'utilisation des données d'inventions brevetées pour cerner les tendances et les principaux déposants, il est utile d'explorer davantage les types de technologies créées. Une carte panoramique des inventions brevetées est présentée à la Figure 16; elle a été générée à l'aide d'un algorithme qui s'appuie sur les mots clés de la documentation des brevets pour regrouper ceux-ci selon leur langage commun.ⁱ Les inventions brevetées sont organisées en fonction de thèmes communs et regroupés sur la carte sous forme de « contours » qui indiquent les zones de forte ou de faible activité en matière de brevets. Les pics blancs représentent les plus fortes concentrations d'inventions brevetées, et chaque pic est étiqueté avec des termes clés qui relient les thèmes communs. La distance entre les mots clés permet d'illustrer la relation entre les pics, les distances plus courtes indiquant que les inventions brevetées représentées ont plus de points communs que ceux qui sont plus éloignés. Des mots situés à proximité les uns des autres peuvent faire partie de systèmes ou de technologies similaires, tandis que des mots-clés plus éloignés les uns des autres ont probablement moins de lien.

ⁱ Veuillez noter que la stratégie de recherche de brevets repose en grande partie sur l'utilisation de la terminologie anglaise pour requérir la base de données des brevets. En conséquence, les termes capturés dans la carte panoramique des inventions brevetées ont été traduits de l'anglais au français et il ne faut pas s'attendre à arriver au même ensemble de données si l'on requête les mots spécifiés en français.



La superposition des noms des principaux chercheurs canadiens est un moyen utile de mettre en évidence qui travaille dans quel domaine. On remarque par exemple que Peter Joseph Sweeney et Ihab Francis Ilyas – tous deux rattachés à Primal AI et déposants de brevets dans le domaine de la Représentation des connaissances et raisonnement – sont représentés au centre droit de la carte et sont associés à une invention brevetée caractérisée par des mots clés tels que « Modèle de représentation des connaissances atomiques », « Représentation des connaissances complexes », « Concept », « Structure » et « Programme ». Comme on pouvait s'y attendre, on constate qu'Amelia Hardjasa, qui est la seule chercheuse de premier plan à déposer des brevets dans le domaine de l'Analyse prédictive, est associée avec des inventions brevetées qui sont situées en bas au centre de la carte sur une île séparée du continent. Ce type de carte panoramique peut également être utile aux institutions afin de cibler les talents. Par exemple, dans le cas où le portefeuille d'inventions brevetées d'un chercheur chevauche celui d'un autre chercheur, cela peut indiquer que les deux déposent des brevets dans des domaines similaires, comme dans le cas de Gerard Voon et Patrick Benoît Bernard dans le coin supérieur droit de la carte.

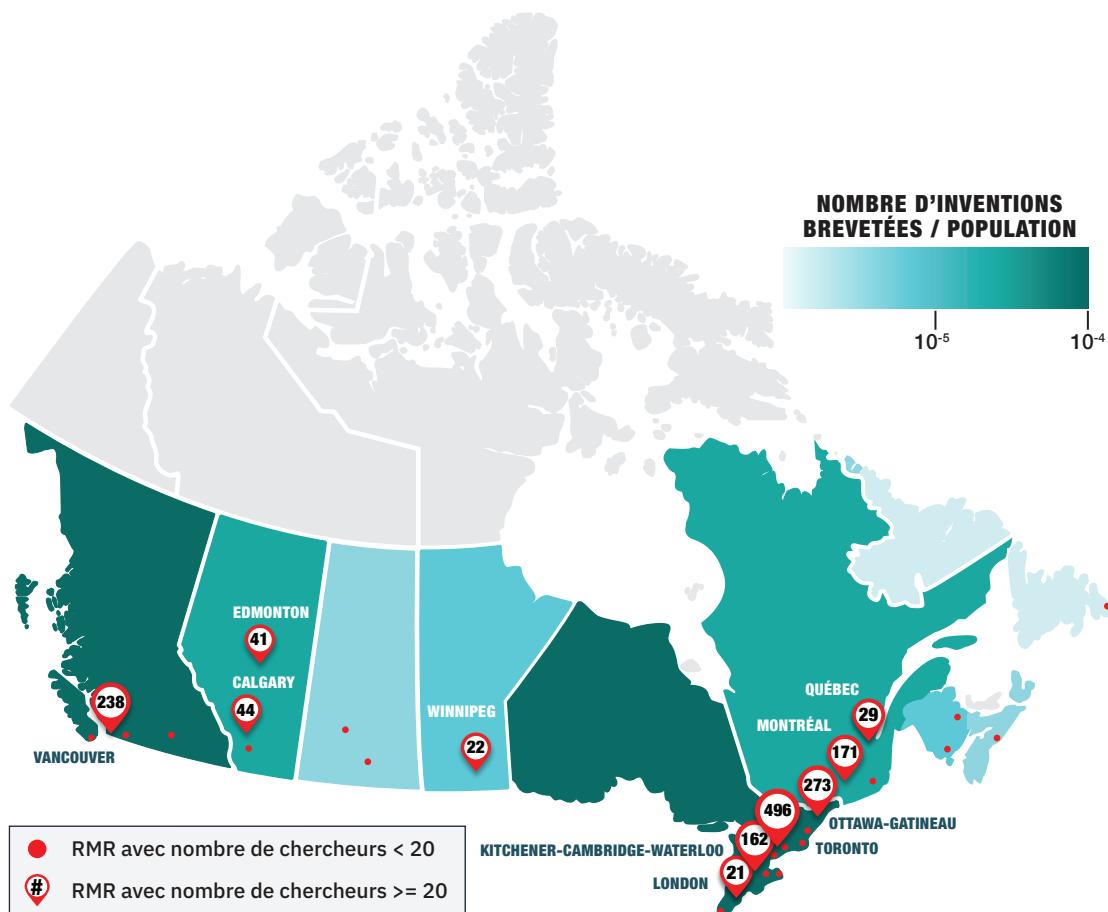
Figure 16 : Carte panoramique de l'activité des chercheurs canadiens en matière de brevets, mettant en évidence les principaux déposants





La Figure 17 montre la répartition de l'activité des chercheurs canadiens en matière de brevets par province dans tout le pays. Chaque province est représentée en bleu, les teintes plus foncées représentant un plus grand nombre d'inventions brevetées. Le nombre de chercheurs résidant dans les principales régions métropolitaines de recensement (RMR) où un grand nombre de brevets sont déposés est représenté sur la carte à l'aide de pointeurs rouges. Il convient de noter que dans cette figure les volumes d'inventions brevetées ont été calculés en utilisant la méthode de comptage fractionnaire et qu'ils ont été normalisés en fonction de la taille de la population. Les provinces où l'on recense le plus grand nombre d'inventions brevetées, comme l'Ontario, la Colombie-Britannique et le Québec, demeurent en tête de file après ce rajustement. Les provinces où l'activité en matière de brevets est plus accentuée ont tendance à comporter des grappes de chercheurs autour des grandes villes.

Figure 17 : Grappes géographiques de l'activité inventive des chercheurs canadiens





Analyse comparative entre les sexes : Participation des femmes à l'activité en matière de brevets dans le domaine de l'IA

En 2014, 59 % des diplômés âgés de 25 à 34 ans des programmes scientifiques et technologiques canadiens étaient des femmes. Cependant, seulement 23 % des ingénieurs diplômés de ce même groupe d'âge étaient des femmes.²⁰ Étant donné que la représentation des femmes dans les domaines des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STIM) est plus faible que souhaité, on s'attend à faire le même constat pour la participation des femmes au dépôt de brevets. Pour mesurer la participation des femmes à l'IA, les auteurs se sont appuyés sur le dictionnaire complet des noms de l'OMPI afin d'attribuer un genre aux noms des chercheurs figurant sur les inventions brevetées.²¹

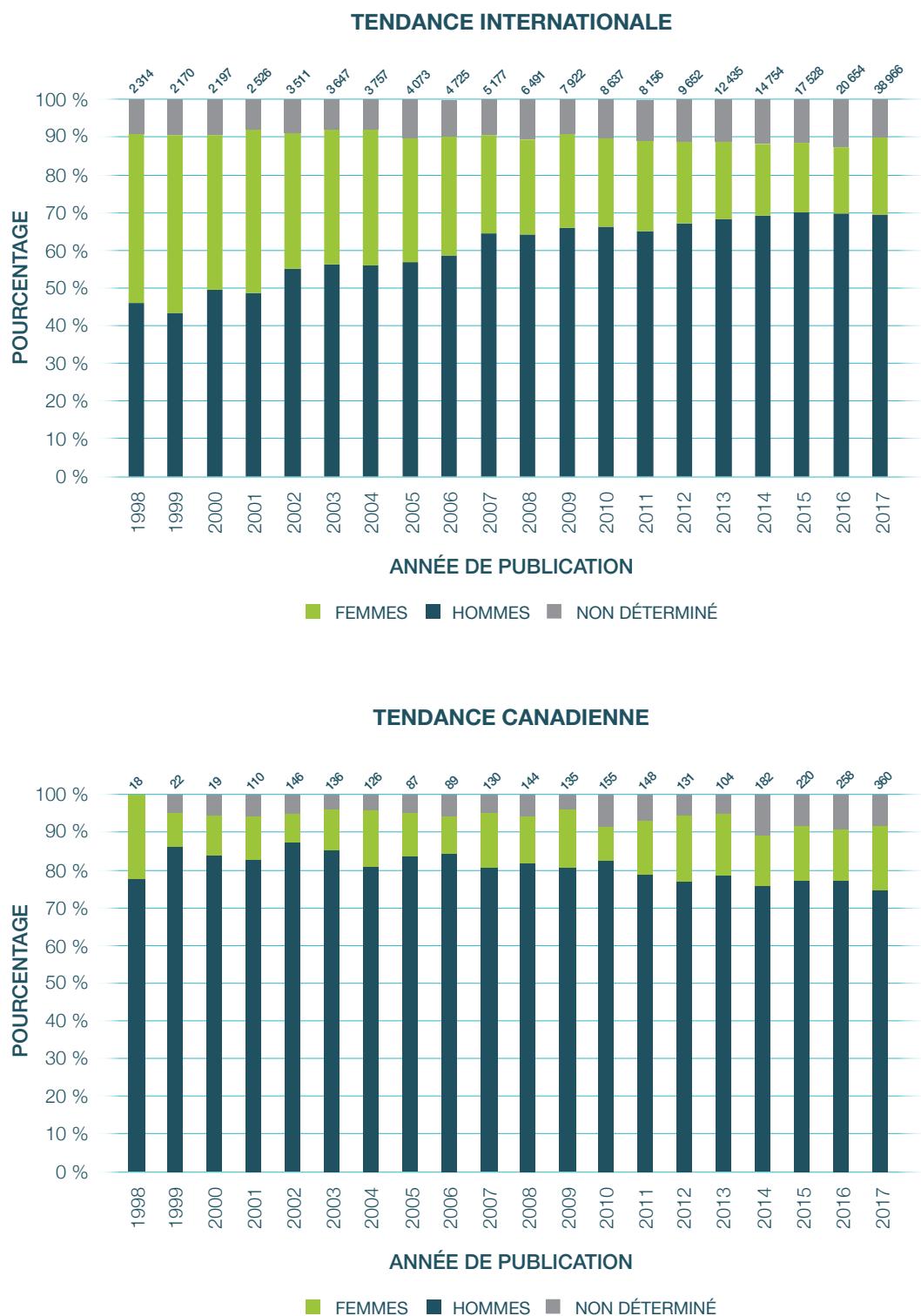
À l'échelle internationale, on a recensé une femme pour trois hommes ayant une activité en matière de brevets dans le domaine de l'IA. En comparaison, pour les inventions brevetées comportant au moins un chercheur canadien, ce rapport diminue à une femme pour six hommes.

Figure 18 : Représentation des sexes dans l'IA à l'échelle mondiale (à gauche) et au Canada (à droite)



Pour mieux comprendre la participation des femmes dans ce domaine technologique, la Figure 19 montre l'évolution de la présence des femmes dans le domaine de l'IA au cours des vingt années étudiées. La figure montre en effet le nombre de nouveaux entrants dans le domaine, recensés lors du dépôt de leur première demande de brevet, en précisant la proportion d'hommes et de femmes. Contrairement à la tendance observée pour les femmes au Canada, qui est relativement stable sur les deux décennies, la tendance internationale diffère nettement et révèle que la proportion de femmes sur le nombre total de chercheurs diminue au fil du temps.

Figure 19 : Évolution de la répartition par sexe des nouveaux arrivants dans le domaine de l'IA, à l'échelle mondiale (en haut) et au Canada (en bas)





Les secteurs non traditionnels, notamment l'exploitation minière, la sylviculture, l'électricité et les métiers spécialisés, ont tendance à connaître une baisse de la participation des femmes cinq à dix ans après que celles-ci ont obtenu leur diplôme.²² Ce problème de rétention pourrait être dû aux obstacles systémiques auxquels sont confrontées les femmes qui travaillent déjà dans ce domaine, une théorie examinée de plus près dans un rapport publié par l'OPIC et intitulé *Participation des femmes aux activités de brevetage : Analyse des demandes déposées au Canada sous le régime du Traité de coopération en matière de brevets.*²³ L'augmentation de ce taux de rétention est l'une des valeurs énoncées par le ministère des Femmes et de l'Égalité des genres. Il en résulterait une augmentation de la proportion de femmes dans les inventions brevetées dans tous les domaines des STIM, y compris l'IA. En 2012, l'Institut allemand d'économie du travail a publié un article qui examine les causes de la faible participation des femmes au brevetage et dont les conclusions rejoignent les observations faites pour le Canada.²⁴

Pour maintenir sa croissance dans le domaine de l'IA, le Canada doit s'efforcer de retenir ses meilleurs talents et d'en attirer de nouveaux chez lui. Dans le rapport de 2019 d'Element AI sur les talents mondiaux dans le domaine de l'IA, le Canada se positionne comme un pays plateforme.²⁴ Il est intéressant de noter que les États-Unis, l'Allemagne et la Chine sont des pays ancrés : capables de retenir davantage de talents, mais incapables d'en attirer sur leur sol. L'Australie, toutefois, est un pays accueillant, ce qui signifie qu'elle est capable d'attirer une grande partie des talents internationaux tout en conservant la majeure partie de ses talents nationaux. Le Canada est l'un des pays qui mènent la recherche à fort impact, aux côtés des États-Unis, de la Chine, du Royaume-Uni et de l'Australie.

²² https://www.ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internettopic.nsf/fra/h_wr04331.html

La place des chercheurs canadiens dans le paysage des brevets liés à l'IA étant maintenant plus claire, cette partie examine la place des institutions canadiennes. Aux fins du présent rapport, les institutions canadiennes comprennent les entreprises, les institutions universitaires et les organismes gouvernementaux.

Institutions canadiennes

Dans l'ensemble, les entreprises sont à l'origine de 82 % des inventions brevetées dans cette partie, tandis que les institutions universitaires et les organismes gouvernementaux représentent respectivement 15 % et 3 % de l'activité en matière de brevets. Pour mieux comprendre l'innovation dont font preuve les institutions canadiennes dans ce domaine et leur spécialisation, cette partie examine l'activité en matière de brevets au Canada et à l'étranger. Pour limiter l'effort global de nettoyage des données afin de recenser les inventions brevetées par les institutions, l'OPIC a uniquement concentré son attention sur les données des institutions de certains pays qui ont été comparés au Canada. Ces pays sont l'Australie, l'Allemagne, le Royaume-Uni, le Japon, la République de Corée et les États-Unis. Ils ont été sélectionnés parce qu'ils figurent en tête du classement dans le rapport de l'OMPI *Tendances technologiques 2019 – Intelligence artificielle* et parce qu'ils figurent dans le rapport de l'UKIPO sur l'IA.

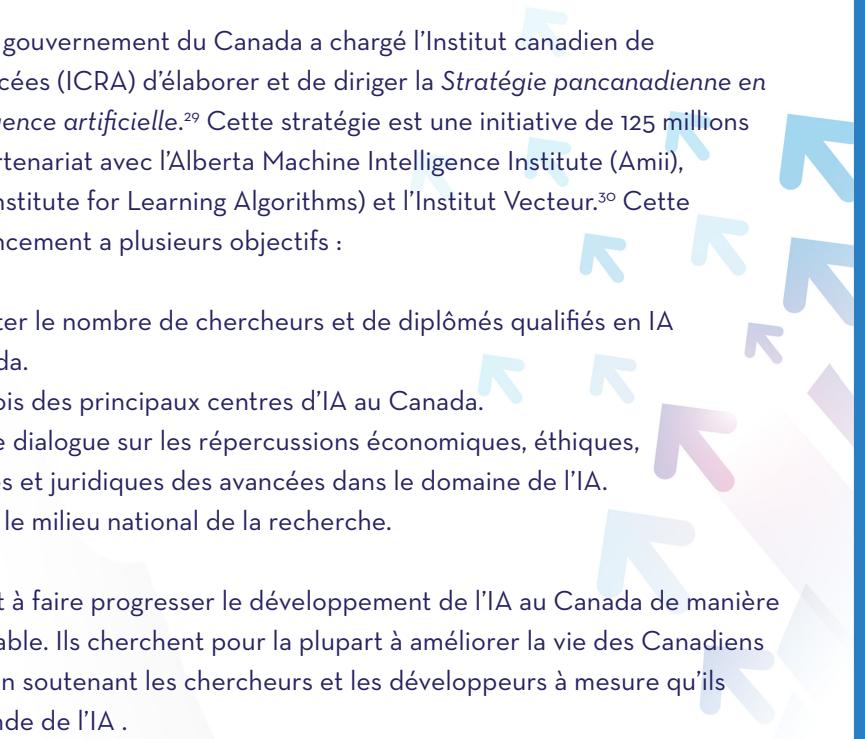




L'Initiative des supergrappes d'innovation, lancée en 2017, est un investissement de 950 millions de dollars, à laquelle le secteur privé apporte une contribution équivalente, pour soutenir les « supergrappes » dans tout le Canada, qui rassemblent « des petites, moyennes et grandes entreprises, des établissements du savoir et des organismes sans but lucratif » pour « entraîner une transformation des écosystèmes d'innovation régionaux » .²⁵ Alors que la supergrappe Scale AI est largement axée sur l'IA, chacune des supergrappes vise à soutenir des projets qui favoriseront l'utilisation de l'IA dans son secteur. Les supergrappes comprennent la supergrappe des technologies numériques, la supergrappe des industries des protéines, la supergrappe de la fabrication de prochaine génération, la supergrappe Scale AI et la supergrappe de l'économie océanique²⁶ Le financement est alloué aux supergrappes pour soutenir les avancées dans chaque secteur et pour aider à construire et à soutenir les entreprises en démarrage.²⁷

Le deuxième investissement est un partenariat entre le Canada et le Royaume-Uni, baptisé *Initiative sur l'intelligence artificielle entre le Canada et le Royaume-Uni*. Il s'agit d'une occasion de financement axée sur la recherche interdisciplinaire entre trois grands domaines : les sciences sociales et humaines, les sciences de la santé et les sciences biomédicales, et les sciences naturelles et le génie. L'initiative vise à soutenir le développement responsable de l'IA tout en créant des partenariats entre les chercheurs du Canada et du Royaume-Uni.²⁸

Enfin, en 2017, le gouvernement du Canada a chargé l'Institut canadien de recherches avancées (ICRA) d'élaborer et de diriger la *Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle*.²⁹ Cette stratégie est une initiative de 125 millions de dollars en partenariat avec l'Alberta Machine Intelligence Institute (Amii), Mila (Montréal Institute for Learning Algorithms) et l'Institut Vecteur.³⁰ Cette initiative de financement a plusieurs objectifs :

- 
1. Augmenter le nombre de chercheurs et de diplômés qualifiés en IA au Canada.
 2. Relier trois des principaux centres d'IA au Canada.
 3. Lancer le dialogue sur les répercussions économiques, éthiques, politiques et juridiques des avancées dans le domaine de l'IA.
 4. Soutenir le milieu national de la recherche.

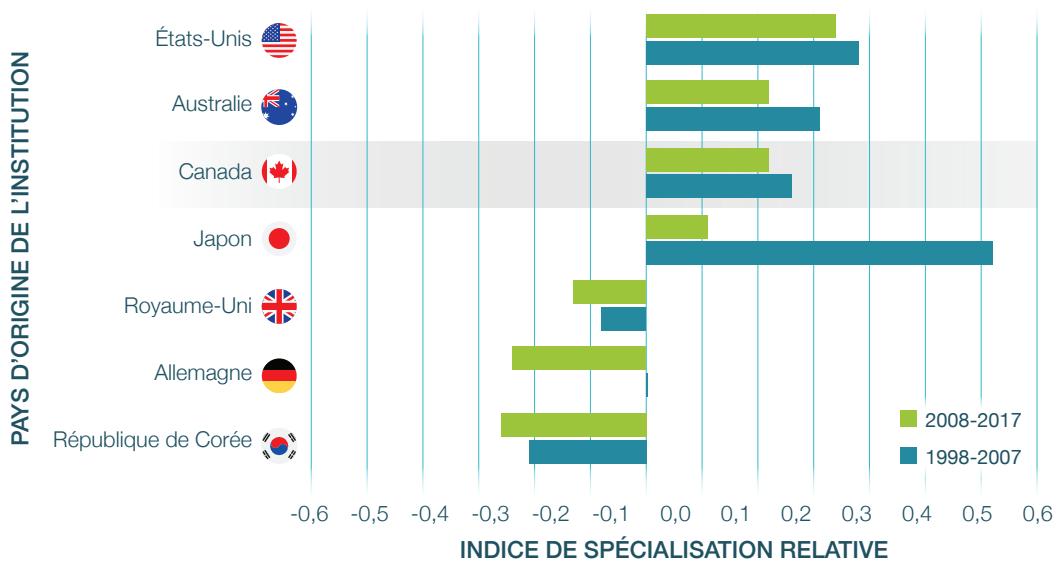
Ces volets visent à faire progresser le développement de l'IA au Canada de manière éthique et équitable. Ils cherchent pour la plupart à améliorer la vie des Canadiens en finançant et en soutenant les chercheurs et les développeurs à mesure qu'ils explorent le monde de l'IA .



Spécialisation relative des institutions canadiennes

Avant d'examiner de plus près les données sur les institutions canadiennes dans le domaine de l'IA, il est utile de classer ces institutions par spécialisation relative. Par rapport aux six autres pays présentés à la Figure 20, le Canada est considéré comme spécialisé parce qu'il présente un indice positif. Lorsque l'on ventile l'ensemble des données sur les institutions au cours des deux décennies étudiées, on constate que le degré de spécialisation des sept pays visés a diminué au cours de la deuxième décennie. Les principaux domaines de l'IA dans lesquels les institutions canadiennes déposent des brevets seront évoqués plus loin dans cette partie, de même que leurs indices de spécialisation relative respectifs.

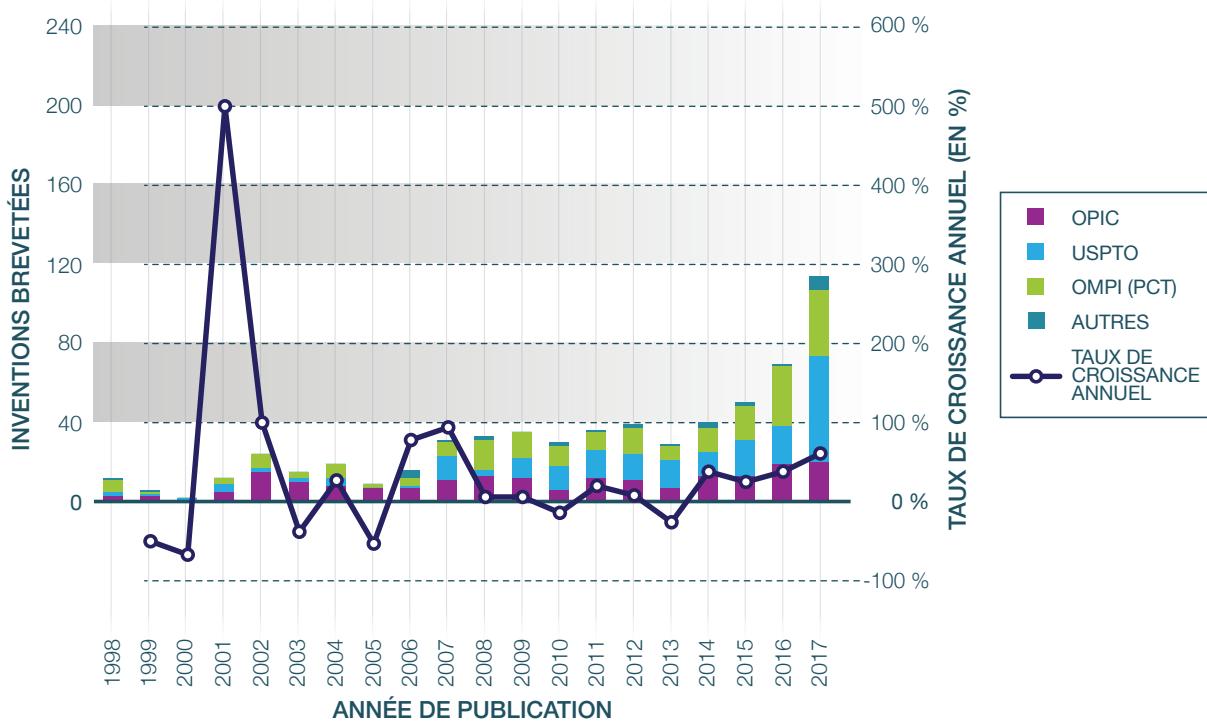
Figure 20 : Indice de spécialisation relative par pays d'origine des institutions en IA



Tendances en matière de dépôt de brevets

La Figure 21 montre la tendance générale de l'activité de dépôt de brevets dans le domaine de l'IA par les institutions canadiennes. Le taux de croissance annuel de 8 % entre 1998 et 2010 pour les institutions canadiennes est similaire au taux de croissance enregistré à l'échelle mondiale pendant cette période. Bien que le taux de croissance de 21 % constaté pour l'activité de dépôt de brevets par les institutions canadiennes entre 2011 et 2017 soit sensiblement plus élevé, il demeure inférieur au taux de croissance de 31 % relevé à l'échelle internationale. Même si le Canada a assumé un rôle de leader dans la définition d'un cadre politique pour l'IA,³¹ son influence globale est limitée, car ses institutions sont à l'origine de moins de 1 % du nombre total d'inventions brevetées par les institutions dans le monde.

Figure 21 : Activité en matière de brevets des institutions canadiennes en IA entre 1998 et 2017



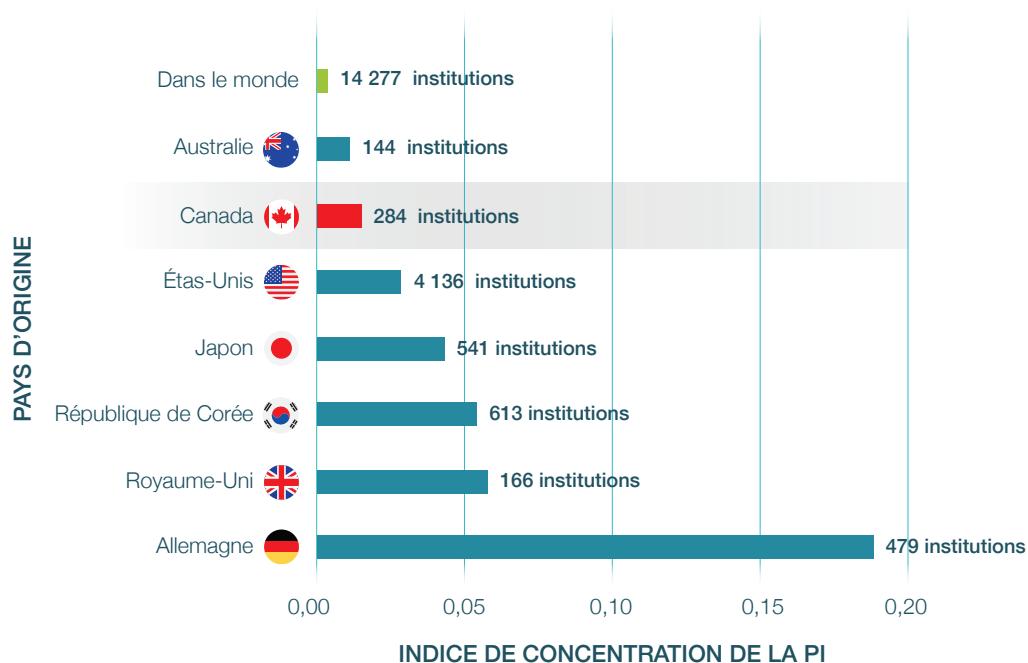
Déterminer les pays dans lesquels les institutions canadiennes cherchent à protéger leurs inventions à l'échelle internationale permet de cerner les marchés que ces institutions ciblent. Sans surprise, à part les dépôts effectués auprès de l'OPIC, les institutions canadiennes déposent principalement leurs demandes aux États-Unis en raison de la taille importante de ce marché, et elles sont chaque année majoritaires dans ce pays pour les deux décennies étudiées. La United States Patent and Trademark Office (USPTO) et l'OPIC ont administré 64 % de tous les inventions brevetées provenant des institutions canadiennes. Les inventions brevetées sous le régime du Traité de coopération en matière de brevets représentent 32 % des dépôts. Parmi les autres offices de la propriété intellectuelle ciblés par les institutions canadiennes, mais à un degré nettement moindre, figurent l'Office australien de la propriété intellectuelle, l'Administration nationale chinoise de la propriété intellectuelle, l'Office européen des brevets, l'Office japonais des brevets, et l'Institut national de la propriété industrielle français.



Répartition des inventions brevetées

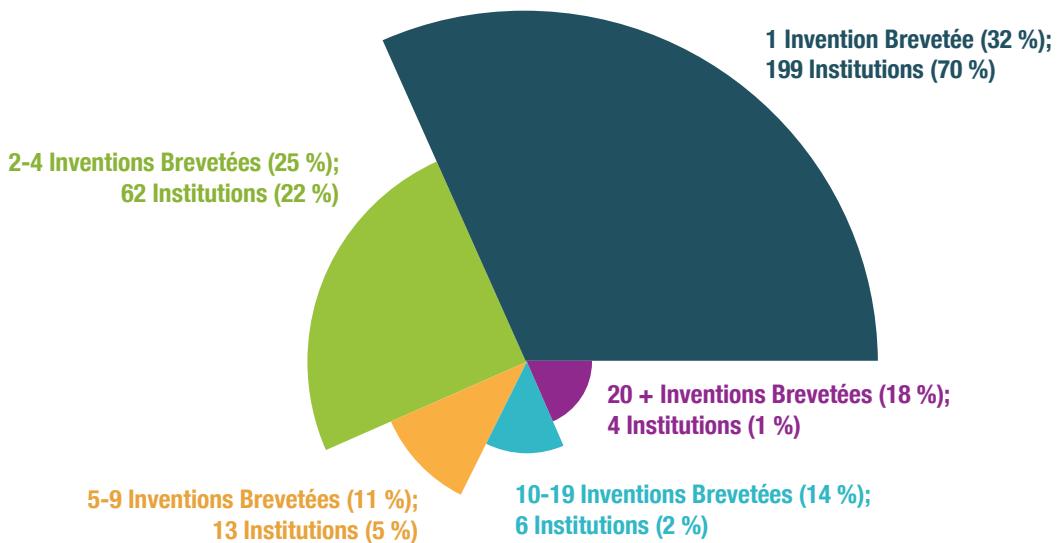
Depuis le début des années 1990, la propriété intellectuelle est devenue une classe d'actif importante pour les entreprises, que ce soit pour protéger la valeur des inventions résultant de leurs investissements substantiels en R&D, pour acquérir une entreprise ciblée, ou bien simplement pour sortir du marché et récolter les fruits de leurs efforts.³² Les grandes acquisitions, qui entraînent des transferts importants de propriété intellectuelle, peuvent créer une situation de monopole à cause des économies d'échelle réalisées et parce que les petits acteurs sont chassés du marché. Dans cette partie, l'ICPI est utilisé pour comprendre la répartition des inventions brevetées détenus par les institutions canadiennes qui déposent des brevets dans le domaine de l'IA, puis pour la comparer à celle des institutions d'autres pays de premier plan. Plus l'indice est proche de 0, plus un pays possède un nombre élevé d'institutions moins actives qui déposent des brevets liés à l'IA. À l'inverse, plus l'indice s'approche de 1, plus un pays possède quelques acteurs dominants qui déposent de nombreux brevets en IA. Comme le montre la Figure 22, le Canada a l'un des indices les plus faibles, ce qui indique que les institutions canadiennes se livrent une concurrence féroce en matière de brevets dans le domaine de l'IA.

Figure 22 : Indice de concentration de la propriété intellectuelle des institutions des pays leaders dans le domaine de l'IA



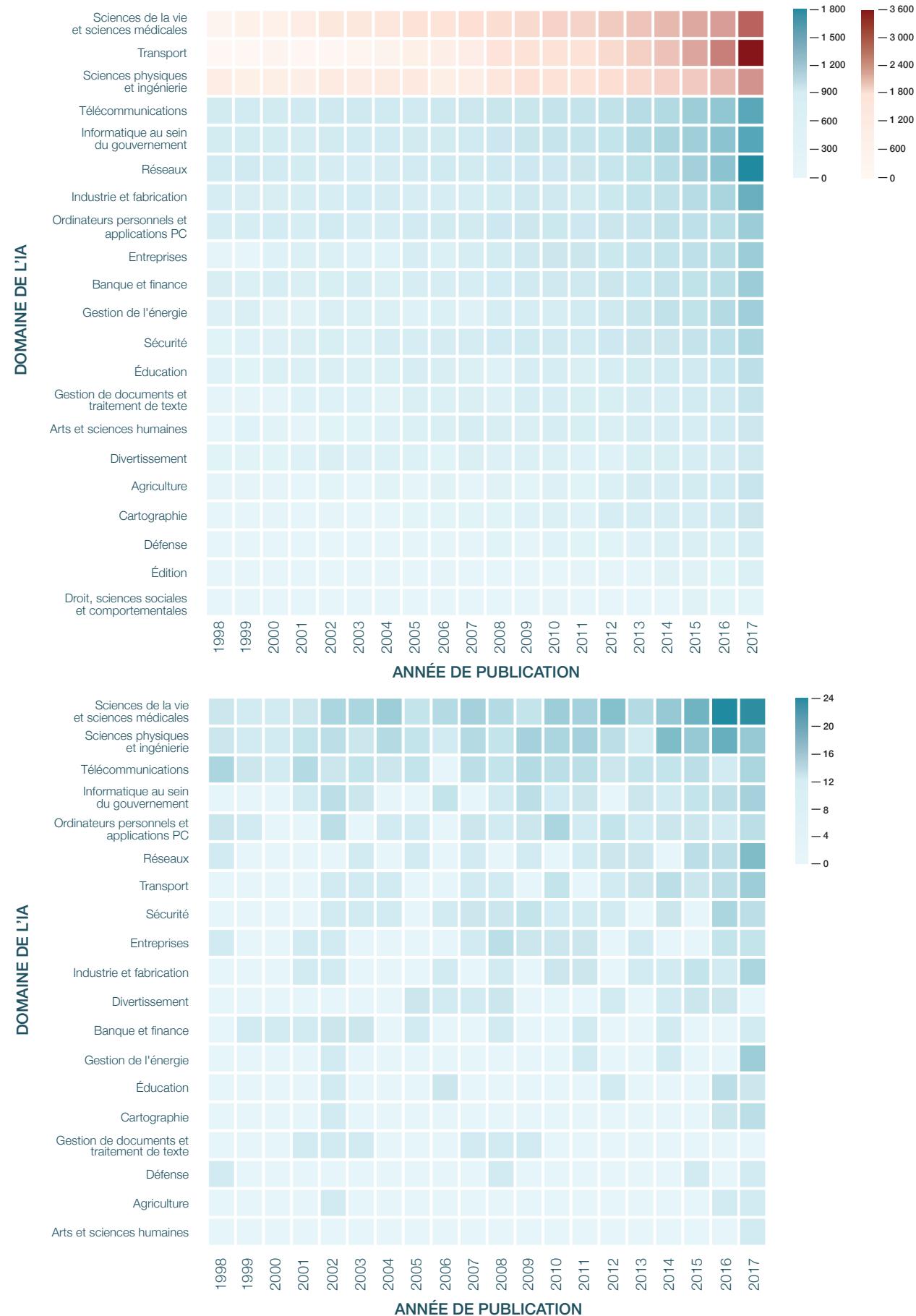
La Figure 23 illustre la répartition des inventions brevetées par les institutions canadiennes ainsi que la proportion globale que ces institutions représentent dans l'ensemble de données sur les institutions canadiennes de recherche en IA. La taille de chaque part représente la proportion d'institutions canadiennes titulaires des inventions dans chacun des cinq groupes, tandis que l'angle formé par chaque part dans la figure représente la proportion d'inventions brevetées dans chaque groupe. Comme on pouvait s'y attendre, la grande majorité des institutions canadiennes détiennent entre un et quatre inventions brevetées. Par ailleurs, les institutions détenant cinq inventions brevetées ou plus représentent 43 % de l'ensemble de données sur les institutions canadiennes de recherche en IA. Néanmoins, le simple fait de détenir davantage d'inventions brevetées ne reflète en rien l'importance des inventions.

Figure 23 : Répartition des institutions canadiennes par nombre d'inventions brevetées et par représentation globale



La Figure 24 illustre la répartition des données par domaine d'application afin d'évaluer les applications industrielles des inventions fondées sur l'IA brevetées par des institutions étrangères et canadiennes, respectivement. On constate que les institutions du monde entier ont régulièrement brevetées des inventions relatives aux Sciences de la vie et sciences médicales, ainsi qu'aux Sciences physiques et ingénierie entre 1998 et 2017, tandis que les inventions brevetées liés aux Transports ont pris de l'importance après 2011. En ce qui concerne les institutions canadiennes, outre les Sciences de la vie et sciences médicales, ainsi que les Sciences physiques et ingénierie, elles semblent aussi se spécialiser dans les Télécommunications. Cependant, il est nécessaire que les institutions canadiennes se spécialisent davantage dans le domaine des Transports. Ce constat est corroboré par la Figure 25, qui indique que les institutions canadiennes semblent avoir un faible indice de spécialisation dans ce domaine.

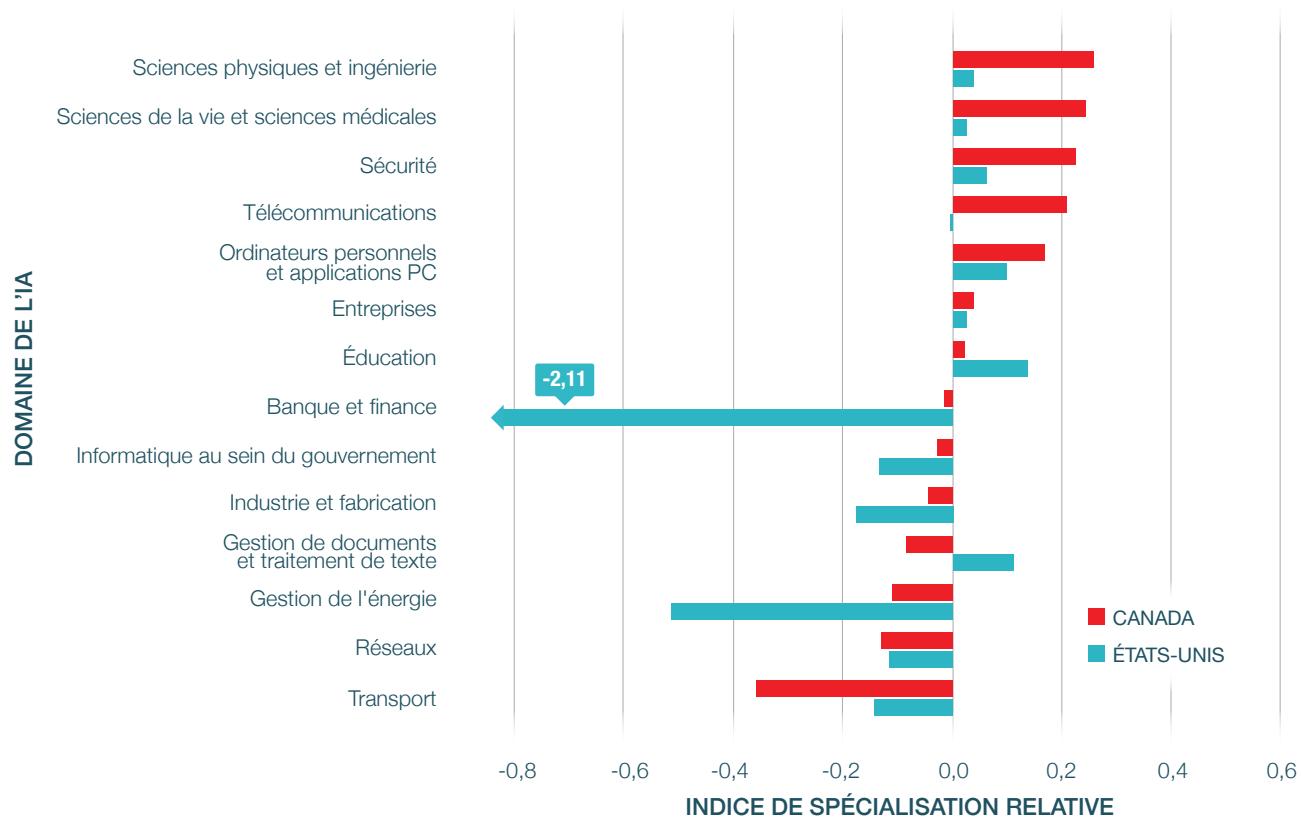
Figure 24 : Croissance des institutions étrangères (en haut) et canadiennes (en bas) dans divers Domaines de l'IA





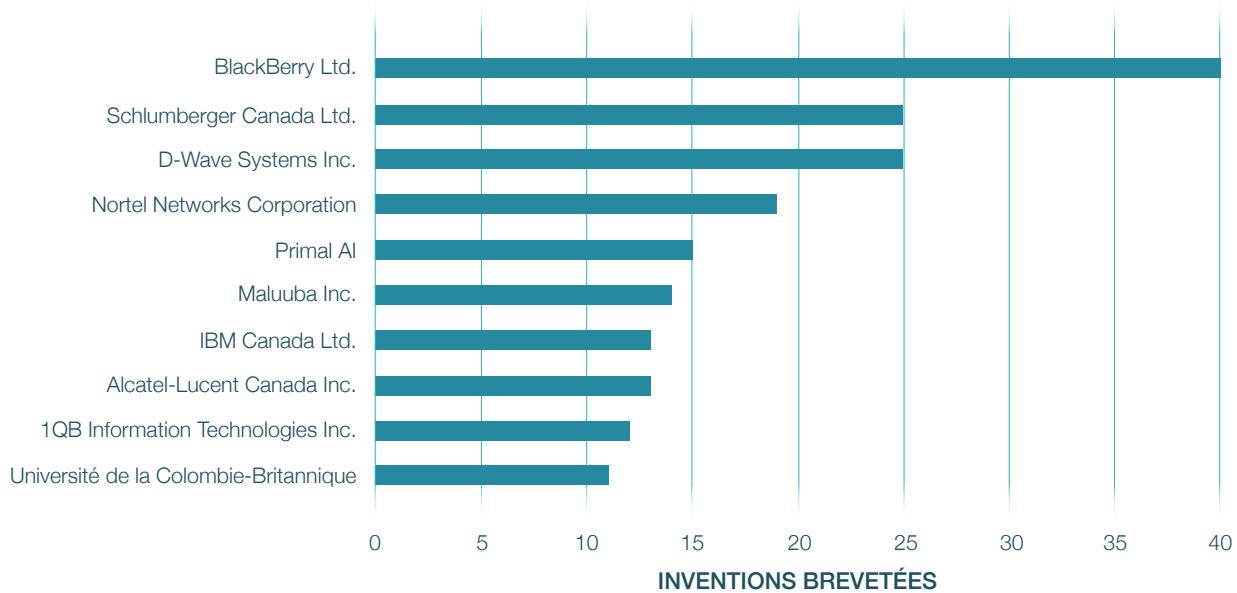
En ce qui concerne la Figure 25, il est important de souligner que certains Domaines de l'IA, comme la Banque et finance, la Défense, le Droit, sciences sociales et comportementales, n'ont pas été représentés dans la figure parce qu'ils n'ont pas fait l'objet d'un nombre important d'inventions brevetées à l'échelle mondiale. Par conséquent, les indices de spécialisation pour ces domaines peuvent être biaisés.

Figure 25 : Indice de spécialisation relative par Domaine de l'IA pour les institutions américaines et canadiennes



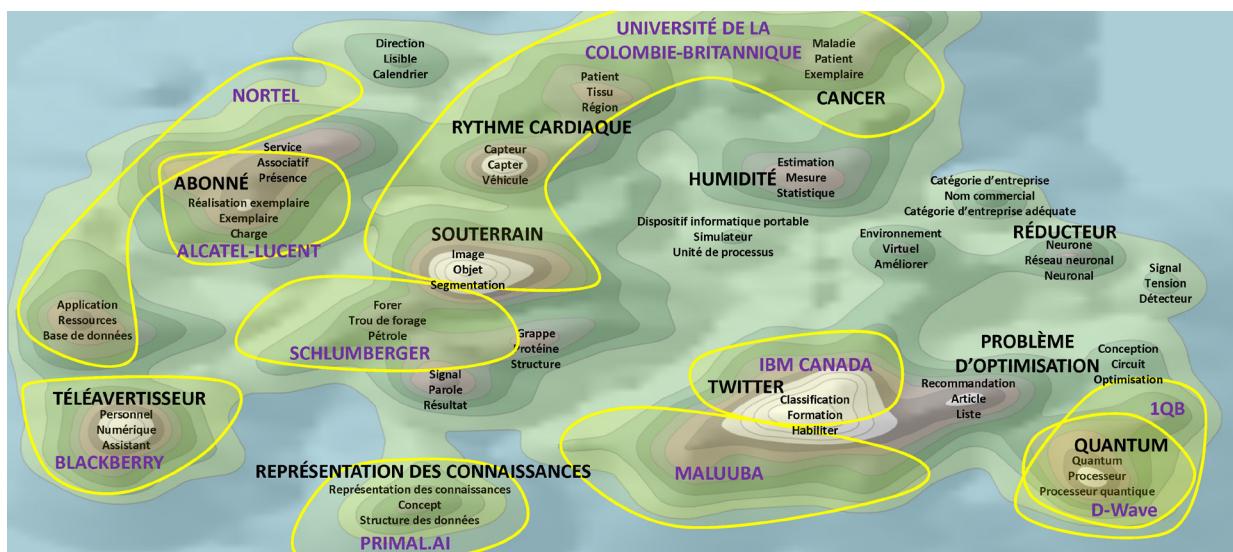
Les principales institutions canadiennes détenant des inventions brevetées dans le domaine de l'IA entre 1998 et 2017 sont présentées à la Figure 26. Bon nombre de ces institutions sont des entités de premier plan qui déposent des brevets dans divers domaines technologiques, tandis que d'autres, comme D-Wave Systems Inc. et Primal AI, sont spécialisées dans l'IA. Il est également intéressant de noter que Nortel Networks, une entreprise aujourd'hui disparue, figure parmi les principaux déposants. Le fait que les titulaires d'inventions brevetées ne soient pas tenus de mettre à jour les renseignements contenus dans la base de données sur les brevets complique l'utilisation de ces données à des fins d'identification des titulaires.

Figure 26 : Principales institutions canadiennes et nombre d'inventions brevetées dont elles sont titulaires



La carte panoramique des inventions brevetées pour les institutions canadiennes est une autre façon de visualiser les données sur les inventions brevetées. À la Figure 27, les noms des 10 principales institutions canadiennes ont été superposés pour mettre en évidence qui travaille dans quel domaine. Contrairement à la carte panoramique pour les chercheurs canadiens, il n'y a pas beaucoup de chevauchement dans les domaines où plusieurs institutions déposent des brevets, l'exception étant D-Wave Systems Inc. et 1QB Information Technologies Inc., qui mènent toutes deux leurs activités dans l'informatique quantique. Il est frappant de constater que les inventions brevetées de Primal AI sont représentés sur un pic et placés sur une péninsule isolée du reste, en bas au centre de la carte. Ce pic est défini par les mots-clés « Représentation des connaissances », « Concept » et « Structure des données ». Sa position sur la carte peut suggérer que l'entreprise exerce ses activités au sein d'une niche, bien différente des technologies liées aux domaines représentés dans l'espace général de l'IA.

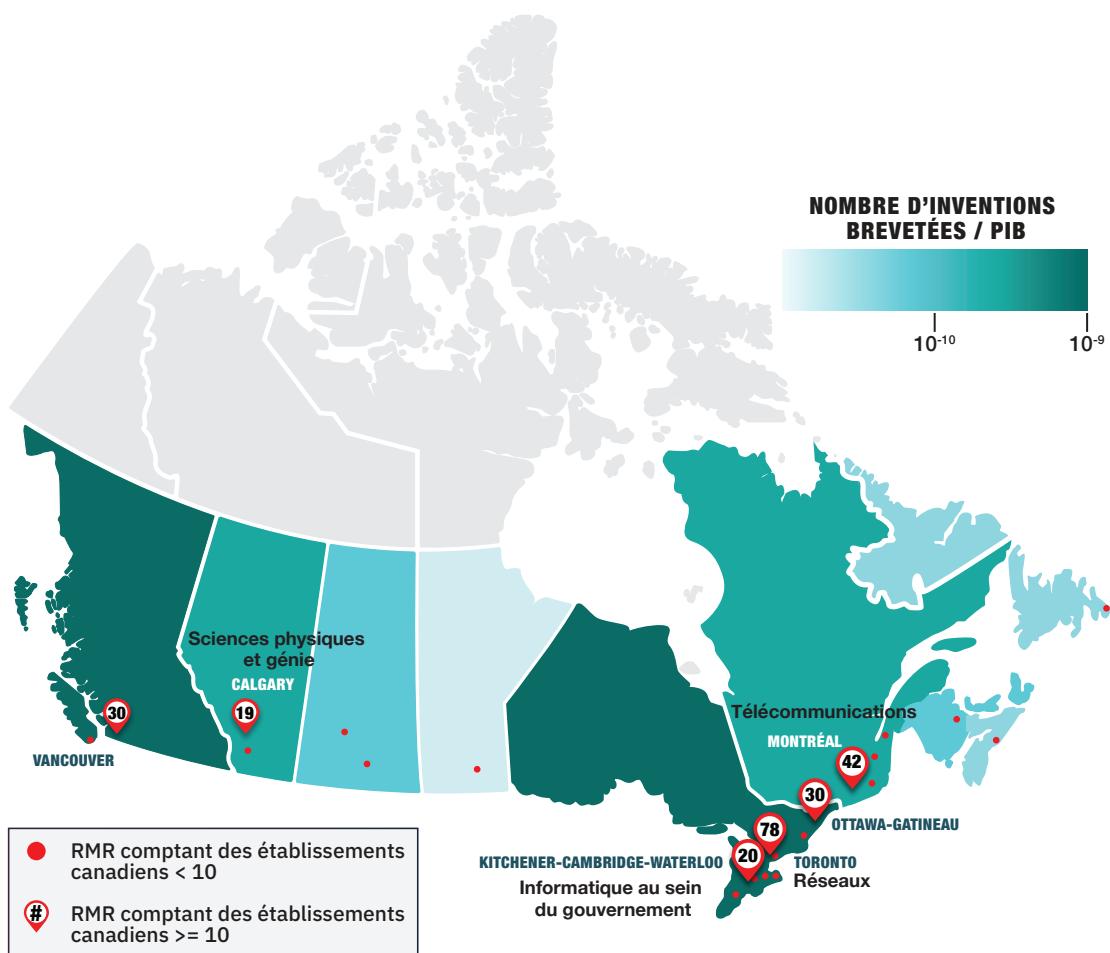
Figure 27 : Carte panoramique de l'activité des institutions canadiennes en matière de brevets dans le domaine de l'IA, mettant en évidence les principaux déposants



Grappes géographiques

À la Figure 28, les RMR du Canada qui comptent plus de 10 inventions brevetées par des institutions dans le domaine de l'IA sont présentées sur une carte géographique. Il convient de noter que dans cette figure les volumes d'inventions brevetées ont été calculés en utilisant la méthode de comptage fractionnaire et qu'ils ont été normalisés en fonction du PIB. En 2018, 650 entreprises en démarrage ont été créées dans l'ensemble des villes comportant une grappe. Bon nombre de ces nouvelles entreprises ont trouvé un soutien auprès d'investisseurs locaux qui ont contribué à renforcer la crédibilité à l'écosystème, ce qui a suscité l'intérêt d'investisseurs internationaux. L'attention des investisseurs étrangers a fait augmenter les transactions liées à l'IA de 41 % et les taux d'acquisition de 50 % en moyenne chaque année.³³ Le regroupement des institutions en grappes présente de nombreux avantages, notamment une productivité accrue, une innovation plus rapide grâce à la recherche collaborative et la création de petites institutions pour répondre aux besoins de niche de l'industrie.

Figure 28 : Grappes géographiques de l'activité inventive des institutions canadiennes

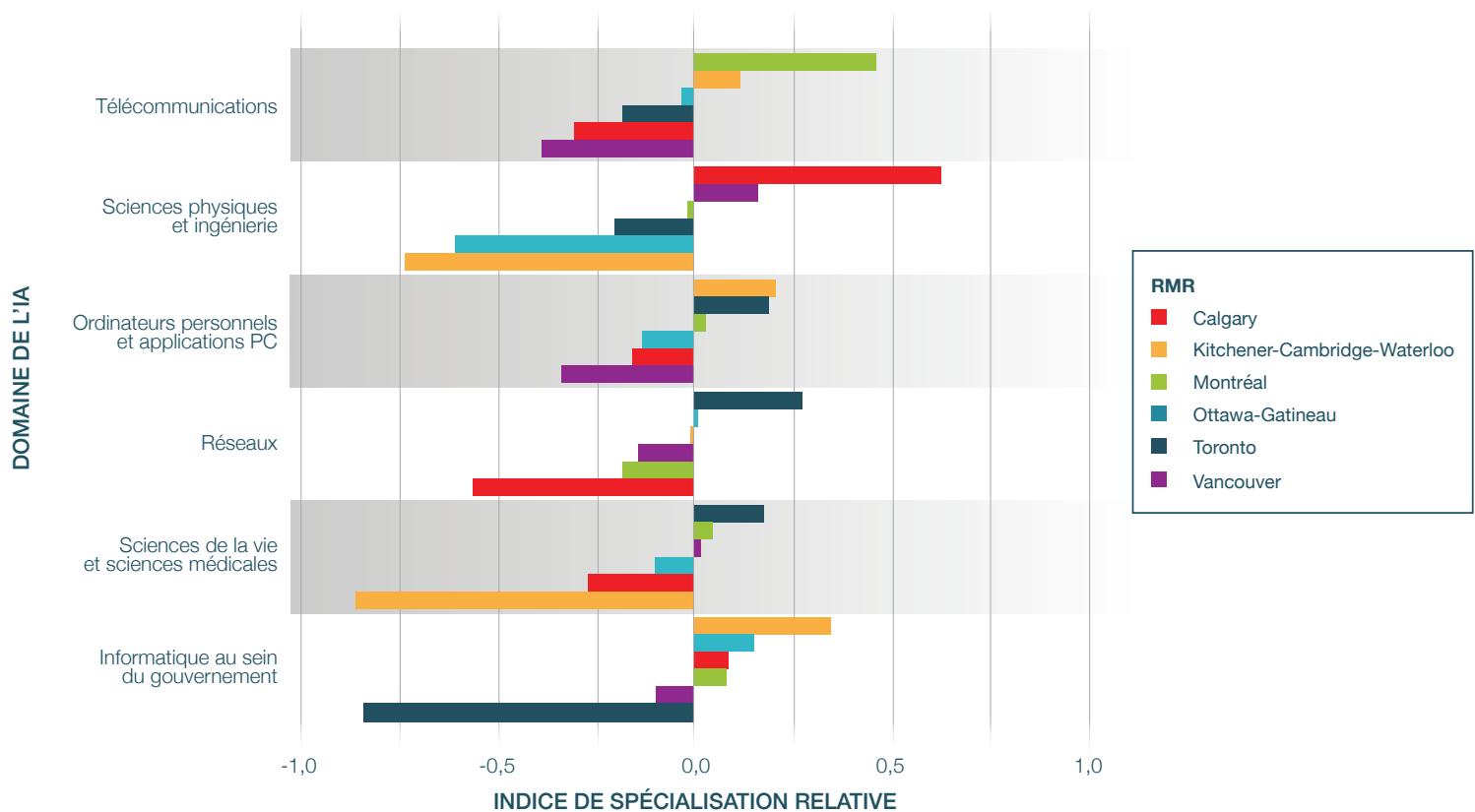




Il existe six grappes d'institutions, chacune composée de 10 établissements ou plus, qui se révèlent être des domaines clés à la pointe de l'innovation dans le secteur canadien de l'IA. L'activité en matière de brevets de ces grappes représente 83 % des inventions brevetées dans le domaine de l'IA à l'échelle nationale. Comme sur la carte géographique des chercheurs canadiens, les provinces sont en bleu et normalisées en fonction de leur PIB. La plupart des institutions qui sont titulaire d'inventions brevetées en IA se trouvent en Ontario, province qui comporte trois des principales grappes situées au sein des RMR : Toronto, Ottawa-Gatineau et Kitchener-Cambridge-Waterloo. La plus grande grappe se trouve dans la RMR de Toronto, qui compte 78 institutions titulaires d'inventions brevetées dans le domaine de l'IA. Parmi les autres RMR comportant de grandes grappes, on trouve Montréal (42 institutions), Vancouver (30 institutions) et Calgary (19 institutions).

La figure 29 examine de plus près les spécialisations relatives de chacune des RMR par domaine de l'IA. Il est intéressant de noter que la plupart des principales RMR sont spécialisées dans un domaine différent de l'IA. La RMR de Toronto se spécialise dans les Réseaux, les Sciences de la vie et sciences médicales, tandis que celle de Kitchener-Cambridge-Waterloo se spécialise dans l'Informatique au sein du gouvernement, les Ordinateurs personnels et applications PC. Toronto est devenue une partie intégrante de l'écosystème national, notamment grâce à l'Institut Vecteur, une entreprise sans but lucratif qui travaille avec les entreprises en démarrage, le marché, les incubateurs et les accélérateurs pour aider à faire avancer la recherche en IA.³⁴ Toronto a beaucoup attiré l'attention des investisseurs étrangers en raison de sa réputation de capitale financière du Canada.³⁵ La ville s'est également associée à Waterloo pour obtenir le titre de Silicon Valley du Nord.³⁶

Figure 29 : Spécialisation relative des RMR par Domaines de l'IA



Montréal comporte une grappe spécialisée dans les Télécommunications. En s'appuyant sur Mila, la ville concentre ses recherches sur différents sujets, notamment l'apprentissage profond, les réseaux neuronaux récurrents et les modèles génératifs.³⁷ Outre Mila, Montréal possède une institution appelée IVADO, qui se consacre plutôt à la recherche industrielle.³⁸ Cette combinaison a fait de la ville une cible pour les investisseurs internationaux, ce qui lui a permis de conclure un grand nombre d'accords et de financer généreusement la recherche. Pour terminer, on constate que Calgary est spécialisée dans les Sciences physiques et ingénierie.

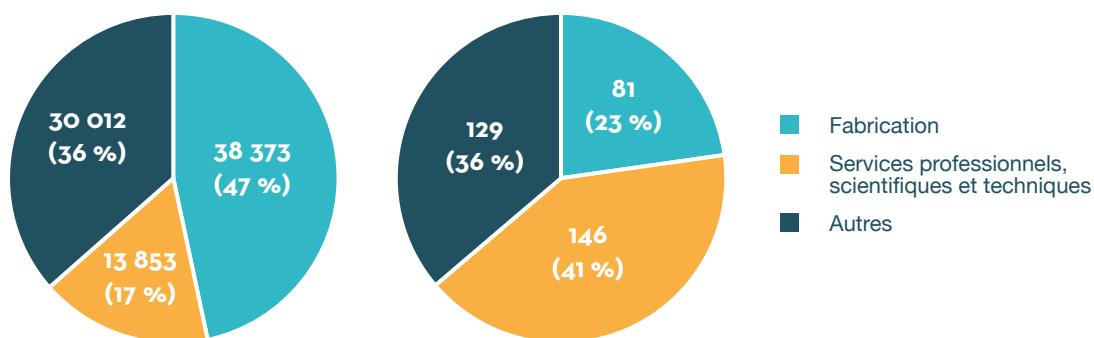
Profil des institutions canadiennes qui déposent des brevets dans le domaine de l'intelligence artificielle

Bien que l'analyse des données sur les brevets elles-mêmes fournit déjà des renseignements substantiels sur les innovations des institutions et des chercheurs canadiens dans le domaine de l'IA, un portrait plus complet de l'environnement peut être obtenu en reliant ces données à d'autres sources. Avec le soutien d'Affaires mondiales Canada et de l'OPIC, Statistique Canada a relié les inventions brevetées des institutions canadiennes contenus de la base de données PATSTAT aux données sur les caractéristiques des institutions détenues par Statistique Canada. Le recouplement avec cette source de données fait la lumière sur l'industrie, la taille et les caractéristiques de propriété des institutions canadiennes qui déposent des brevets dans le domaine de l'IA.

Industrie

Un grand pourcentage des inventions brevetées dans le domaine de l'IA par les institutions canadiennes concernent l'industrie des Services professionnels, scientifiques et techniques. Sur l'ensemble de la période 2001-2016, 41 % des inventions brevetées dans le domaine de l'IA étaient liés à ce secteur. Ce chiffre est nettement supérieur aux 23 % de la deuxième plus importante source d'inventions brevetées en rapport avec l'IA : Fabrication. Cependant, lorsque l'on considère les inventions brevetées dans tous les domaines, la situation est inversée. La Fabrication représente 47 % des inventions brevetées dans tous les domaines, tandis que l'industrie des Services professionnels, scientifiques et techniques n'en représente que 17 %.

Figure 30 : Répartition de l'activité en matière de brevets par secteur industriel dans tous les domaines (à gauche) et dans le domaine de l'IA (à droite)



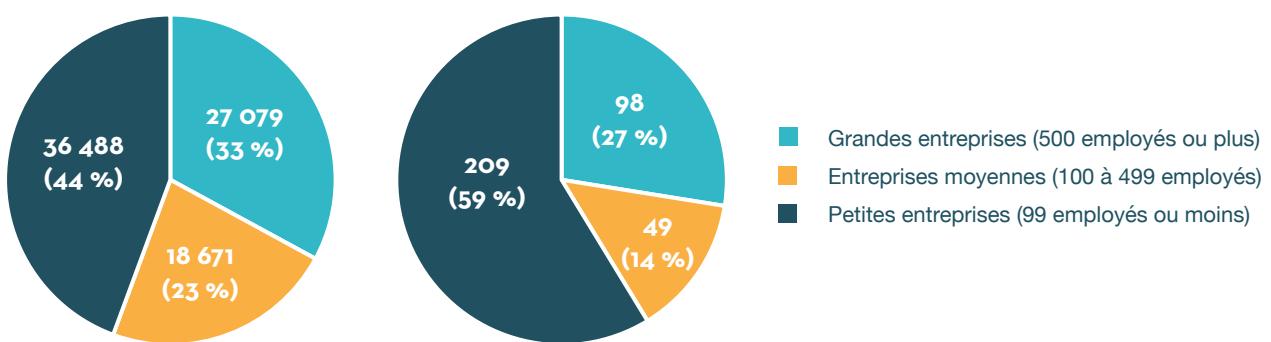


Taille des institutions

Bien qu'elle soit souvent associée aux institutions plus jeunes et plus petites, l'innovation se produit dans les institutions de toutes tailles. Les grandes institutions disposent en effet plus de ressources spécialisées et de fonds pour soutenir les efforts de développement.

Globalement, les données sur l'activité en matière de brevets dans le domaine de l'IA confirment cette situation. Sur la période 2001-2016, 59 % des inventions brevetées dans le domaine de l'IA ont été déposés par des institutions de moins de 100 employés et 27 % par de grandes institutions de 500 employés ou plus. Par rapport aux inventions brevetées dans tous les domaines, dont 44 % sont déposés par de petites institutions et 33 % par de grandes institutions, les inventions brevetées en IA sont plus concentrés dans les petites institutions.

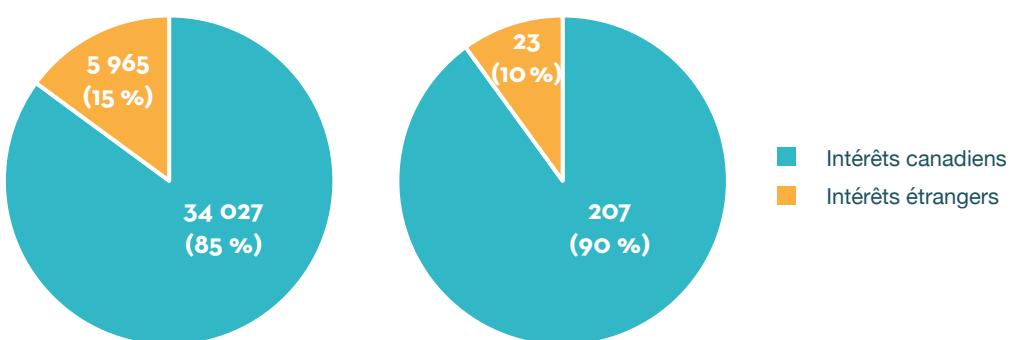
Figure 31 : Répartition de l'activité en matière de brevets en fonction de la taille des institutions dans tous les domaines (à gauche) et dans le domaine de l'IA (à droite)



Propriété

La part d'inventions brevetées dans le domaine de l'IA par des institutions canadiennes détenues par des intérêts étrangers est inférieure à la part correspondante des inventions brevetées dans tous les domaines. Sur la période 2009-2016, 10 % des inventions brevetées en IA ont été déposés par des institutions canadiennes sous contrôle étranger, contre 15 % pour l'ensemble des inventions brevetées déposées.

Figure 32 : Répartition de l'activité en matière de brevets par propriété dans tous les domaines (à gauche) et dans le domaine de l'IA (à droite)





L'IA dans le domaine de la santé

Le Canada est salué comme l'un des leaders en matière d'IA dans le domaine de la santé. L'initiative *IA équitable* est une des initiatives sur lesquelles le Canada s'appuie fortement. Cette initiative se concentre sur l'utilisation de l'IA pour offrir des possibilités dans le domaine de la santé publique, non seulement pour analyser des données complexes, mais aussi pour concevoir et fournir des solutions majeures qui exploitent un plus large éventail de connaissances. Cette initiative a pour but de fournir du financement et de la formation, et de promouvoir le transfert de connaissances entre les plateformes.³⁹ À l'université de l'Alberta, les scientifiques étudient et créent des prototypes de bras bionique qui peuvent apprendre et anticiper les mouvements de leur porteur pour une utilisation plus efficace et plus souple.⁴⁰ À l'hôpital Humber River, surnommé le premier hôpital entièrement numérique, se trouve un centre opérationnel qui suit le flux des patients de leur admission à leur sortie, analyse les données et signale les ralentissements éventuels.⁴¹ Cela permet au personnel de l'hôpital de savoir où se situent les retards et d'en comprendre les causes afin de régler les problèmes avant qu'ils ne se posent. L'hôpital de Humber River a franchi une étape supplémentaire en passant des dossiers de santé électroniques à un fonctionnement entièrement automatisé.⁴² Depuis les robots qui trient les médicaments aux machines qui livrent les prélèvements sanguins des patients au laboratoire, l'IA est présente dans presque tous les secteurs.⁴³



Occasions et défis de l'intégration de l'IA dans les offices de propriété intellectuelle

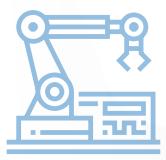


Politiques en matière de PI et d'IA

Le monde de la PI évolue à une vitesse incroyable. Ce changement est dû à un certain nombre de facteurs, notamment l'augmentation de la valeur des biens incorporels, l'émergence de nouveaux pays moteurs de la PI, la convergence des sciences et de la technologie, l'augmentation du volume de demandes de brevet, la complexité croissante de ces demandes, la nature interdisciplinaire de l'innovation et la nature changeante du travail en raison de l'intégration des nouvelles technologies.

L'OPIC s'engage à faire en sorte que le régime de PI canadien prenne en charge les technologies transformatrices comme l'IA. Alors que l'Office examine les répercussions de l'IA sur le régime canadien de PI, le Canada adopte une approche pangouvernementale pour que le système canadien de PI puisse faire face à l'émergence des technologies transformatrices. Bien que l'étude de l'incidence de l'IA sur le régime de PI canadien n'en soit qu'à ses débuts, l'OPIC travaille avec des penseurs, des décideurs, des universitaires, des praticiens et des partenaires internationaux de premier plan pour analyser les répercussions de l'IA sur la politique et le droit dans ce domaine. Il a notamment lancé des discussions sur les thèmes suivants :

- les questions politiques soulevées au sujet de la PI, de la création et de l'innovation, comme la paternité des travaux et des inventions;
- les considérations relatives aux droits d'auteurs dans l'utilisation de travaux protégés par le droit d'auteur pour former les algorithmes et les données d'IA;
- les meilleures pratiques pour aborder la mise en œuvre de l'IA d'une manière compatible avec les principes fondamentaux du droit administratif, tels que la transparence, la responsabilité, la légalité et l'équité procédurale.



Opérations IA

Les technologies transformatrices peuvent être utiles à l'administration du système de PI. L'OPIC cherche à accroître son efficacité grâce aux technologies de l'IA à la fois pour accorder des droits de PI de qualité en temps opportun et pour offrir un service moderne. À cette fin, il lance et gère de multiples projets d'IA.

CONCLUSION

Depuis les années 1950, l'IA occupe une place prépondérante dans l'informatique et constitue un sujet d'intérêt, notamment pour le dépôt de brevets. Ce rapport recense 85 144 inventions brevetées liés à l'IA à travers le monde entre 1998 et 2017, dont environ 2 %, soit 1 516 inventions brevetées, sont associés à des chercheurs et à des institutions canadiennes.

En décomposant davantage ce sous ensemble canadien, on trouve 618 inventions brevetées liés à l'IA impliquant au moins une institution canadienne et 1 419 inventions brevetées impliquant au moins un chercheur canadien. Dans l'ensemble, le Canada se classe au sixième rang pour le volume brut d'inventions brevetées, que ceux-ci soient associés à des chercheurs ou à des institutions.

À l'échelle internationale, la Chine et les États-Unis sont en tête de peloton dans la course à l'IA. En 2011, un pic d'inventions brevetées dans le domaine de l'IA a transformé le paysage, une grande partie de cette activité provenant de la Chine. La Vision par ordinateur et le Traitement naturel du langage sont les Applications d'IA qui sont à l'origine de la plupart des activités, tandis que les Sciences de la vie et sciences médicales, et le Transport sont les Domaines de l'IA les plus brevetés. L'Apprentissage machine éclipse toutes les autres Techniques d'IA, tant à l'échelle nationale qu'internationale.

Au Canada, il existe plusieurs pôles d'activité dans ce domaine. Chacune des supergrappes offre un environnement propice à l'éclosion de nouveaux talents, en se concentrant sur les industries locales de ces zones géographiques précises. Cela crée des pôles d'activité, chacun ayant sa propre spécialisation, comme le montre la carte des grappes des RMR présentée dans la partie sur les institutions canadiennes. D'autres initiatives ont été mises en place au Canada, notamment *l'initiative IA équitable* et *l'Initiative sur l'intelligence artificielle entre le Canada et le Royaume-Uni*, chacune se concentrant sur des objectifs distincts pour faire progresser la collaboration internationale et nationale, l'éthique et la politique dans le domaine de l'IA. En outre, le Canada a créé la *Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle*, une initiative de 125 millions de dollars qui met en relation les principaux acteurs du domaine afin de garantir la collaboration, l'équité et le progrès économique.

En ce qui concerne les Domaines de l'IA, le Canada est très spécialisé dans les Sciences physiques et ingénierie ainsi que dans les Sciences de la vie et sciences médicales, deux des domaines les plus brevetés. Toutefois, un domaine dans lequel l'innovation canadienne pourrait progresser est celui des Transports, pour lequel la spécialisation relative du Canada est très inférieure au reste du monde. Pour ce qui est des Applications d'IA, le Canada est plus diversifié que les États-Unis, qui eux excellent dans les domaines du Traitement naturel du langage et de la Vision par ordinateur par rapport aux autres sous-catégories d'Applications d'IA.

À l'échelle mondiale, la répartition par sexe des chercheurs qui sont titulaire d'inventions brevetées en lien avec l'IA est d'une femme pour trois hommes. Au Canada, ce rapport est d'une femme pour six hommes. Cet écart ne s'explique pas simplement par le ratio de diplômés en ingénierie ou en sciences et laisse plutôt entrevoir d'autres causes. Le ministère des Femmes et de l'Égalité des genres a mis en place un certain nombre d'initiatives pour inciter les jeunes femmes à poursuivre leurs études et faire en sorte qu'elles soient à l'aise pour rester dans ces postes et gravir les échelons de ces institutions. La sensibilisation à la PI serait un complément bienvenu à ces initiatives.

Comme le domaine des technologies de l'IA est en constante croissance et évolution, il est important de tenir compte des défis auxquels l'IA est confrontée au Canada, en particulier le maintien en poste des talents et le maintien des institutions implantées au pays. Le marché de l'IA est incroyablement concurrentiel lorsqu'il s'agit de trouver des fonds auprès des investisseurs, car ceux-ci sont attribués selon le principe « premier arrivé, premier servi ». Les résultats confirment également l'intensité de la concurrence sur le marché de l'IA au Canada en matière de dépôts de brevets, comme l'indique l'ICPI. Contrairement aux États-Unis, les modèles de financement canadiens favorisent les entreprises établies au détriment des entreprises qui demandent un premier financement⁴⁴. Cette différence de stratégies de financement se reflète dans le taux élevé d'acquisition d'institutions canadiennes par des entreprises américaines. À l'avenir, il sera intéressant de voir comment le Canada s'adapte à l'évolution rapide de l'IA et comment les institutions parviennent à tirer parti de leur PI pour appuyer leurs décisions opérationnelles et leur croissance. Quoi qu'il en soit, à mesure que l'IA sera mieux définie et comprise, on peut s'attendre à ce qu'elle soit de plus en plus réglementée au niveau national et international, mais à l'heure actuelle, de nombreuses possibilités s'offrent aux acteurs pour fixer les normes et influencer la vitesse à laquelle cette technologie est mise en œuvre dans notre vie quotidienne.

ANNEXE A - MÉTHODOLOGIE

Dans ce rapport, le terme « inventions brevetées » fait référence aux familles de brevets. Une famille de brevets est un ensemble de demandes de brevets similaires déposées auprès de plusieurs instances. Même si de multiples répertoires ont été créés par diverses organisations pour les familles de brevets, ce rapport se concentre sur le DOCDB. Le brevet le plus ancien déposé dans chaque famille de brevets est appelé demande de brevet prioritaire. Les demandes prioritaires déposées entre 1998 et 2017 ont été prises en compte aux fins de cette analyse.

Comme évoqué brièvement dans l'introduction du rapport, il est difficile de définir l'IA du point de vue des brevets en raison de la nature de ce secteur en constante évolution. L'OMPI a été la première à faire un pas en avant et à tenter de définir l'IA en fonction de l'activité internationale en matière de brevets. Dans son rapport *Tendances technologiques 2019 - Intelligence artificielle*, l'OMPI adopte une approche généralisée pour définir l'activité de brevetage dans le domaine de l'IA. L'OMPI associe des codes de la Classification internationale des brevets, des codes de la Classification coopérative des brevets, ainsi que des classes du système File Index and File Forming Terms (FI/F-terms) et des mots-clés propres à l'IA pour définir l'IA. En conjonction avec les efforts de l'OMPI, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a créé un groupe de travail pour établir une définition communément admise de l'IA. Le groupe de travail comprenait des représentants de l'Office australien de la propriété intellectuelle, de l'Office canadien de la propriété intellectuelle, de l'Office européen des brevets, de l'Office israélien des brevets, de l'Office italien des brevets et des marques de commerce, de l'Institut national de la propriété industrielle du Chili, de l'Office de la propriété intellectuelle du Royaume-Uni (UKIPO) et de l'Office des brevets et des marques de commerce des États-Unis.

S'inspirant des travaux de l'OMPI et des conclusions des discussions du groupe de travail de l'OCDE, l'UKIPO a ensuite publié un rapport intitulé *Artificial Intelligence - a worldwide overview of AI patents*,^{iv} qui se concentre sur les tendances en matière de brevetage de l'IA au Royaume-Uni. Afin de réduire le nombre de brevets incorrectement recensés par la stratégie de recherche de brevets, l'UKIPO a adopté une définition étroite de l'IA et s'est focalisé sur une période de 20 ans (1998-2017). La stratégie de recherche complète est détaillée à l'annexe 1 de son rapport, et la liste des demandes de brevet recensées par cette stratégie de recherche se trouve sur le site web de l'UKIPO.^v L'ensemble de données brutes sur lequel repose le présent rapport est le même que celui utilisé par l'UKIPO pour effectuer son analyse. Toutefois, en raison des différences dans les approches adoptées pour nettoyer les données, il peut y avoir des écarts dans les chiffres avancés par les deux rapports.

^{iv} https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/817610/Artificial_Intelligence_-_A_worldwide_overview_of_AI_patents.pdf

^v https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/808699/AI-raw-data.csv/preview

ANNEXE B - NETTOYAGE DES DONNÉES

Afin de tenir compte des incohérences et des fautes d'orthographe qui sont couramment rencontrées dans tout ensemble de données sur la propriété intellectuelle, l'OPIC consacre beaucoup de temps à vérifier que l'ensemble de données sous-jacent sur lequel porte l'analyse présente le moins d'incohérences possible. Auparavant, ce problème était entièrement traité en regroupant manuellement les mêmes noms à l'aide d'un logiciel appelé VantagePoint. Ce processus était très inefficace et prenait environ 10 jours ouvrables.

Par conséquent, afin de réduire cette intervention manuelle, un script Python exploitant les techniques d'apprentissage machine pour nettoyer les renseignements sur les chercheurs a été développé. L'un des attributs introduits dans le modèle d'apprentissage machine comprend une mesure de comparaison de chaînes de caractères connue sous le nom de distance de Jaro-Winkler, qui compare le nom et le prénom de deux chercheurs. Un autre attribut pris en compte est la différence entre les dates de demande de deux chercheurs en comparaison. Le modèle d'apprentissage machine prend également en considération le nombre de cessionnaires communs entre deux chercheurs.

Grâce à ce script, l'enregistrement qui comporte le plus de renseignements remplacera les dossiers contenant des renseignements similaires. À titre d'illustration, les deux premiers enregistrements de l'exemple ci-dessous seront remplacés par le troisième enregistrement :

- John Smith
- John Smith, CA
- John Smith, Ottawa, ON, CA

L'OPIC travaille actuellement à améliorer encore la performance du script sur les noms courts et essaie également d'exploiter les renseignements géographiques des chercheurs pour en faire un attribut supplémentaire dans le modèle d'apprentissage machine.

ANNEXE C - INDICE DE CONCENTRATION DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

L'indice de concentration de la propriété intellectuelle (ICPI) présenté dans ce rapport découle d'un long historique d'indices de concentration appliqués dans de nombreuses disciplines, comme l'indice Herfindahl-Hirschman, l'indice de Simpson, l'indice de Shannon et le nombre effectif de partis. La formule utilisée pour calculer l'ICPI est la suivante :

$$ICPI = s_1^2 + s_2^2 + s_3^2 + \dots + s_n^2$$

Où s_n est la part des inventions brevetées détenus par le participant n, en fraction. Il convient de noter que le nombre total d'inventions brevetées pour chaque participant a été calculé en utilisant la méthode de comptage fractionnaire.

La valeur de l'indice se situe entre 1/n et 1. Plus l'indice est proche de 0 et plus l'industrie ou le domaine technologique comporte un environnement concurrentiel, composé d'un grand nombre de participants moins actifs. Inversement, plus l'indice est proche de 1, plus l'industrie ou le domaine technologique comporte un environnement concentré, composé de seulement quelques acteurs dominants.

ANNEXE D - INDICE DE SPÉCIALISATION RELATIVE

L'indice de spécialisation relative (ISR) a été utilisé afin de mieux comprendre les atouts d'un pays dans le domaine de l'IA. La formule utilisée pour calculer cet indice pour un pays donné est la suivante :

$$ISR_{Pays} = \log_{10} \left[\left(\frac{\sum_{1998}^{2017} P_{Pays, IA}}{\sum_{1998}^{2017} P_{Monde, IA}} \right) / \left(\frac{\sum_{1998}^{2017} P_{Pays}}{\sum_{1998}^{2017} P_{Monde}} \right) \right]$$

Où P représente les inventions brevetées.

Numérateur

Le nombre total d'inventions brevetées dans le domaine de l'IA attribués aux demandeurs d'un pays donné est divisé par le nombre total d'inventions brevetées dans le monde entier dans le domaine de l'IA.

Dénominateur

Le nombre total d'inventions brevetées attribués aux demandeurs d'un pays donné est divisé par le nombre total d'inventions brevetées dans le monde entier dans tous les secteurs technologiques. Les données relatives au dénominateur sont tirées de la base de données PATSTAT.

- 1 Gouvernement du Canada. *Mandat de l'OPIC*. Accès : https://www.ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/h_wro0025.html
- 2 Bhageshpur, Kiran. [2019]. *Data Is The New Oil -- And That's A Good Thing*. Accès : <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2019/11/15/data-is-the-new-oil-and-thats-a-good-thing/#a4617b973045>
- 3 Results for Development. [2019]. *Artificial Intelligence and International Development - An Introduction*. Accès : <https://observatoire-ia.ulaval.ca/app/uploads/2019/08/artificial-intelligence-development-an-introduction.pdf>
- 4 Press, Gill. [2016]. *A Very Short History Of Artificial Intelligence (AI)*. Accès : <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/12/30/a-very-short-history-of-artificial-intelligence-ai/#652364456fba>
- 5 Smith, Chris, et al. [2006]. *The History of Artificial Intelligence*. [p. 6]. Accès : <https://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf>
- 6 Press, Gill. [2016]. *A Very Short History Of Artificial Intelligence (AI)*. Accès : <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2016/12/30/a-very-short-history-of-artificial-intelligence-ai/#652364456fba>
- 7 Smith, Chris, et al. [2006]. *The History of Artificial Intelligence*. [p. 17]. Accès : <https://courses.cs.washington.edu/courses/csep590/06au/projects/history-ai.pdf>
- 8 Ibid, 7
- 9 Heath, Nick. [2018]. *What is AI? Everything you need to know about Artificial Intelligence*. Accès : <https://www.zdnet.com/article/what-is-ai-everything-you-need-to-know-about-artificial-intelligence/>
- 10 Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle. [2019]. *Data collection method and clustering scheme*. Accès : https://www.wipo.int/export/sites/www/tech_trends/en/artificial_intelligence/docs/techtrends_ai_methodology.pdf
- 11 Ibid, 10
- 12 Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle. [2019]. *WIPO Technology Trends 2019 - Artificial Intelligence*. [p. 21]. Accès : https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf
- 13 Ibid, 12
- 14 Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle. [2019]. *WIPO Technology Trends 2019 - Artificial Intelligence*. [p. 23]. Accès : https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf
- 15 Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle. [2010]. *Étude sur les exclusions de la brevetabilité et les exceptions et limitations relatives aux droits réalisée par des experts*. Accès : https://www.wipo.int/edocs/mdocs/scp/en/scp_15/scp_15_3-annex2.pdf
- 16 Innovation, Sciences et Développement économique Canada. *Le guide des brevets*. Accès : https://www.ic.gc.ca/eic/site/cipointernet-internetopic.nsf/fra/h_wro3652.html
- 17 United Kingdom Intellectual Property Office. [2019]. *Artificial Intelligence: A worldwide overview of AI patents and patenting by the UK AI sector*. [p. 14]. Accès : https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/817610/Artificial_Intelligence_-_A_worldwide_overview_of_AI_patents.pdf
- 18 Gagne, JF. [2019]. *Rapport mondial 2019 sur les talents en IA*. Accès : <https://jfagagne.ai/rapport-mondial-2019-sur-les-talents-en-ia/>
- 19 Element AI. [2019]. *Rapport mondial 2019 sur les talents en IA*. Accès : <https://www.elementai.com/fr/news/2019/rapport-mondial-2019-sur-les-talents-en-ia>
- 20 Condition féminine Canada. [2014]. *Bâtir une économie de l'innovation au Canada : pratiques exemplaires favorisant l'intégration des femmes dans les secteurs non traditionnels*. Accès : <https://cfc-swc.gc.ca/abu-ans/wwad-cqnf/wesp-sepf/ntes-fr.html>
- 21 Lax, Gema, et al. [2016]. *Identifying the gender of PCT inventors*. Accès : <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4125>

- 22 Ibid, 20
- 23 Hunt, Jennifer, et al. [2012]. *Why Don't Women Patent?* Accès : <https://www.nber.org/papers/w17888.pdf>
- 24 Ibid, 19
- 25 Innovation, Sciences et Développement économique Canada. *Les supergrappes du Canada.* Accès : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/093.nsf/fra/oooo08.html>
- 26 Ibid, 25
- 27 Innovation, Sciences et Développement économique Canada. *Initiative des supergrappes d'innovation.* Accès : <https://www.ic.gc.ca/eic/site/093.nsf/fra/accueil>
- 28 Conseil de recherches en sciences humaines. [2019]. *Initiative Canada - Royaume-Uni sur l'intelligence artificielle.* Accès : https://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/programs-programmes/canada-uk_ai/index-fra.aspx
- 29 CIFAR. À propos. Accès : <https://www.cifar.ca/fr/a-propos>
- 30 CIFAR. *Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle.* Accès : <https://www.cifar.ca/fr/ia/strategie-pancanadienne-en-matiere-dintelligence-artificielle>
- 31 Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture. [2018]. *Canada first to adopt strategy for artificial intelligence.* Accès : http://www.unesco.org/new/en/media-services/single-view/news/canada_first_to_adopt_strategy_for_artificial_intelligence/
- 32 Bryer, Lanning G. et Scott J. Lebson. [2001]. *Intellectual Property Assets in Mergers & Acquisitions.* John Wiley & Sons, Inc. New York, United States.
- 33 Gagne, JF. [2018]. *L'écosystème canadien de l'IA en 2018.* Accès : <https://jfgagne.ai/fr/canadian-ai-ecosystem-2018/>
- 34 Vector Institute. *About Us.* Accès : <https://vectorinstitute.ai/about/>
- 35 McKinsey. [2016]. *Primer on technology superclusters and a fact base on Canada's Toronto-Waterloo Innovation Corridor.* [p. 9]. Accès : <https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Featured%20Insights/Americas/Tech%20North/Toronto-Waterloo%20Innovation%20Corridor%20white%20paper%20-%20fact%20base-20161213.ashx>
- 36 Canadian Broadcasting Corporation. [2016]. *Silicon Valley North? Toronto, Waterloo position themselves as next tech hub.* Accès : <https://www.cbc.ca/news/canada/kitchener-waterloo/silicon-valley-toronto-waterloo-1.3519032>
- 37 Montréal Institute for Learning Algorithms. *Pourquoi étudier à Mila?* Accès : <https://mila.quebec/pourquoi-etudier-a-mila/>
- 38 Deveau, Denise. [2017]. *Revolution AI: Why everyone wants in to Montreal's deep-learning hub.* Accès : <https://business.financialpost.com/entrepreneur/revolution-ai-everyone-wants-in-to-montreals-deep-learning-hub>
- 39 Instituts de recherche en santé du Canada. *IA équitabile. Profiter des occasions.* Accès : <https://cihr-irsc.gc.ca/f/51204.html>
- 40 Zabjek, Alex. [2018]. *Researchers create 'smart' bionic limbs.* Accès : <https://www.ualberta.ca/newtrail/research/researchers-create-smart-bionic-limbs.html>
- 41 Humber River Hospital Foundation. *Humber River Hospital Command Centre.* Accès : <https://www.hrhfoundation.ca/commandcentre/>
- 42 Ibid, 41
- 43 Ibid, 39
- 44 Galang, Jessica. [2018]. *Impact Centre Report Examines How Canada Lags Behind The US in Building Scaleups.* Accès : <https://betakit.com/impact-centre-report-examines-how-canada-lags-behind-the-us-in-building-scaleups/>