

# PROFIL DE LA MAIN D'ŒUVRE

EN INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, SCIENCE DES DONNÉES  
ET MÉGADONNÉES AU QUÉBEC



En partenariat avec

**TECHNO**  
COMPÉTENCES

**cem** conseil  
emploi  
métropole

## Éditeur

TECHNOCompétences, le Comité sectoriel de main-d'œuvre en technologies de l'information et des communications, Mélanie Bosc, directrice générale.

### **Direction de l'étude**

Aubert Sigouin-Lebel, Chargé de la recherche,  
TECHNOCompétences

### **Analyse et rédaction**

Charles Cayrat, Chercheur doctoral,  
Université d'Auckland

Aubert Sigouin-Lebel, Chargé de la recherche,  
TECHNOCompétences

### **Analyse support**

Guillaume Poirier St-Pierre, Conseiller Principal, Optimum Talent

### **Conception graphique**

Émilie Jobin, Graphiste

### **Révision**

Clotilde Morin, Rédactrice

### **Traduction et francisation**

Caroline Dallaire, Versacom

### **Comité de pilotage**

Brian Moore,  
Institut de valorisation des données (IVADO)

Émélie Brunet,  
Institut Québécois d'Intelligence Artificielle (Mila)

Aurélié Sénéchal-Parfait,  
Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM)

Réjean Roy, Forum IA Québec

Benoît Pagé, Pôle montréalais d'enseignement  
supérieur en intelligence artificielle (PIA)

Tim Fournier, Conseil Emploi Métropole (CEM)

Charles Rémillard, Finance Montréal

Florian Saugues, Numana

Ugo Ceppi, Direction de l'analyse et de l'information  
sur le marché du travail (DAIMT)

Nancy Barbeau, Ministère de l'Enseignement supérieur

Anne-Louise Brassard,  
Ministère de l'Enseignement supérieur

Jesus Jimenez-Orte, Ministère de l'Éducation

Claire Adam, Ministère de l'Économie

**Pour citer ce rapport :**

Cayrat, C., Sigouin-Lebel, A., & Poirier St-Pierre, G. (2021). Profil de la main-d'œuvre en intelligence artificielle, science des données et mégadonnées au Québec. TECHNOCompétences, Montréal, 113 p.

Ayant fait l'objet d'une approbation par le comité scientifique, cette étude sera présentée à l'occasion du 88<sup>e</sup> Congrès de l'ACFAS (Association Francophone pour le Savoir) en mai 2021

Cayrat, Charles. (2021). Le profil de main-d'œuvre en intelligence artificielle, science des données et mégadonnées au Québec : proposition d'une taxonomie des métiers et des compétences. Communication présentée au 88<sup>e</sup> Congrès de l'ACFAS, Montréal.

Cette étude a été réalisée grâce à l'aide financière du Conseil Emploi Métropole (CEM)



**TECHNO**  
COMPÉTENCES

550 rue Sherbrooke Ouest – Tour Ouest, bureau 350, Montréal (Québec), H3A 1B9

Téléphone : 514-840-1237

info@technocompetences.qc.ca · www.technocompetences.qc.ca

© TECHNOCompétences, 2021

ISBN 978-2-925166-00-9

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2021

# TABLE DES MATIÈRES

Éditeur	2
Mot de la direction	7
Introduction	8
Éléments traités dans l'étude	8
Méthodologie	8
Schéma méthodologique	9
<b>1 CONTEXTE</b>	<b>10</b>
Portrait d'un écosystème en IA de premier rang mondial	12
Une adoption encore timide	12
La genèse de l'IA à Montréal et au Québec	13
L'arrivée de géants technologiques au Québec	13
Constitution d'un écosystème québécois en IA	14
Développer le bassin de talents en IA : Une priorité absolue	16
Investissements publics majeurs	17
<b>2 DÉFINITION DU DOMAINE DE L'INTELLIGENCE NUMÉRIQUE</b>	<b>18</b>
Note méthodologique	20
Définition de l'IA	20
Une technologie habilitante	21
Quatre éléments fondamentaux	21
Les types d'apprentissage	22
Les utilisations de l'IA	23
Un besoin massif de données	23
Vers une IA explicative	23
Définition des mégadonnées	24
Les « V » des mégadonnées	25
Le traitement distribué des données	25
Les services en infonuagique	26
Définition de la science des données	29
Les principaux éléments de la science des données	29
<b>3 LE PROCESSUS DE CRÉATION ET D'INTÉGRATION DE L'IA</b>	<b>32</b>
L'identification des problématiques et l'orientation stratégique	34
La preuve de concept	35
La production	36
L'adoption	37

<b>4</b>	<b>PORTRAIT GLOBAL DE L'EMPLOI</b>	<b>38</b>
<b>5</b>	<b>TAXONOMIE DES MÉTIERS DE L'INTELLIGENCE NUMÉRIQUE</b>	<b>44</b>
	Taxonomie	46
	Note méthodologique	47
	Fiches métiers	48
	Visualisation des sources de données	48
	Répartition industrielle de la taxonomie des métiers de l'intelligence numérique	68
<b>6</b>	<b>ÉTAT DE LA DEMANDE DE COMPÉTENCES</b>	<b>70</b>
	Note méthodologique	72
	Intelligence numérique : les besoins en main-d'œuvre	72
	Le processus d'embauche en intelligence numérique	73
	Les facteurs déterminant l'embauche en intelligence numérique	74
	Les besoins en main-d'œuvre à court terme	79
	Les besoins futurs en main-d'œuvre	81
	État de la formation	82
	Les éléments distinctifs de la formation en intelligence numérique au Québec	82
	Les universités et instituts de recherche québécois qui se démarquent	83
	Les principales forces des talents sortant de ces programmes	83
	Les principales lacunes des programmes proposés	84
	Le programme de formation idéal en intelligence numérique	85
	Les stages et la formation en entreprise	86
<b>7</b>	<b>CONCLUSION ET AVENUES DE RECHERCHE FUTURES</b>	<b>88</b>
<b>8</b>	<b>ANNEXES</b>	<b>92</b>
	Visualisation des réponses du sondage auprès de professionnels en intelligence numérique	94
	Matrice Emploi/Outils numériques et technologies	104
	Liste des figures	112
	Bibliographie	113



# MOT DE LA DIRECTION

Ces dernières années, le Québec a connu une effervescence remarquable concernant l'intelligence artificielle (IA), notamment grâce à l'excellence en recherche académique dans ce domaine qui a entraîné l'arrivée de géants de la technologie, la création d'entreprises québécoises en démarrage et la mise sur pied d'instituts de recherche de renom. De multiples efforts ont été déployés afin de propulser l'essor d'un écosystème riche et stimulant en intelligence artificielle, envié mondialement. Mais restait un élément fondamental à examiner plus en profondeur : la main-d'œuvre.

Il était donc important pour TECHNOCompétences de saisir cette opportunité à travers la réalisation d'un profil de la main-d'œuvre en intelligence artificielle, science des données et mégadonnées au Québec proposé aujourd'hui.

TECHNOCompétences déploie toute son énergie à soutenir les entreprises du secteur et le développement des compétences numériques, que ce soit par la production d'études, d'outils de gestion des ressources humaines ou encore par le partage d'expertises. Le présent profil est un exemple de contribution du Comité sectoriel.

Dans ce profil, vous trouverez :

- 1 Une revue historique de la position du Québec en matière d'intelligence artificielle ;
- 2 Une définition de la main-d'œuvre du secteur ;
- 3 Un portrait global de l'emploi ;
- 4 Une taxonomie des métiers de l'intelligence numérique – que nous définissons comme étant la main-d'œuvre spécialisée en intelligence artificielle ainsi que les métiers périphériques essentiels reliés ;

- 5 Des fiches métiers traitant de l'estimation du bassin de talents et incluant de multiples informations spécifiques (salaires, tâches principales, référentiel de compétences techniques et transversales) ;
- 6 Une répartition industrielle des métiers de l'intelligence numérique
- 7 Un portrait de la demande de compétences et de la formation, incluant les forces et défis concernant ce profil de talents qui change à une vitesse déstabilisante.
- 8 L'ensemble de nos données sur l'utilisation des outils numériques, sous la forme de matrices Emploi/Outils numériques et technologies, en annexe du document.

Un peu partout, nous y avons ajouté des faits explicatifs ainsi que des informations basées sur les données que nous avons recueillies.

Nous tenons à remercier la contribution de nos partenaires dans ce projet. En premier lieu, le Conseil emploi métropole pour sa contribution financière à la réalisation du projet. Nous remercions également les membres du comité de pilotage qui, de par leurs commentaires et rétroactions, se sont engagés à faire de ce profil une réussite.

Bonne lecture !

**Mélanie Bosc**  
Directrice générale

# INTRODUCTION

## Éléments traités dans l'étude

L'avènement de l'intelligence artificielle (IA), la science des données et les mégadonnées (big data) entraîne des changements technologiques et socioéconomiques majeurs dont les impacts sur les organisations demeurent opaques. Afin de mieux comprendre l'ampleur de ces changements sur les entreprises, la présente étude vise à proposer le premier profil de la main-d'œuvre en intelligence numérique au Québec.

Celle-ci repose sur la combinaison de méthodes de recherche qualitative et quantitative comprenant une série d'entrevues semi-structurées auprès d'experts de l'industrie de l'IA au Québec, deux sondages auprès de professionnels en IA (n=75) et TIC (n=400), ainsi que l'analyse thématique de 13 500 offres d'emplois en ligne.

En évolution constante et sujettes à de multiples interprétations, nous présentons en premier lieu les définitions des concepts d'intelligence artificielle, de science des données et de mégadonnées tels que perçus par les professionnels de l'industrie au Québec. Les résultats de recherche font également état du processus de création et d'intégration de l'IA dans l'entreprise, présentent une estimation du nombre de professionnels travaillant dans les domaines de l'intelligence numérique et offrent une première taxonomie des métiers distinguant les professionnels techniques des professionnels d'interface. Enfin, nous proposons une cartographie des profils de compétences de ces métiers émergents et présentons les besoins et programmes de formation correspondants.

## MOTS-CLÉS:

INTELLIGENCE NUMÉRIQUE **Profil main-d'œuvre**  
**Intelligence Artificielle** MÉGADONNÉES  
BIG DATA SCIENCE DES DONNÉES **Emplois**  
**COMPÉTENCES** Formation **QUÉBEC**

## Méthodologie

La présente étude repose sur la combinaison de méthodes de recherche qualitative et quantitative permettant la collecte et l'analyse de données primaires et secondaires. Les données sont en provenance de sources publiques et privées.

Toutes les données primaires utilisées et restituées dans le présent rapport ont été collectées en respectant les principes éthiques généralement établis en recherche universitaire. Ceux-ci garantissent confidentialité et anonymat à l'ensemble des participants. Chacun d'entre eux a accepté les conditions de la recherche par la signature d'un formulaire de consentement prévu à cet effet.

## Schéma méthodologique

Sections traitées	Instruments de collecte et sources de données	Note méthodologique correspondante
<p><b>I</b> Contexte</p>	Revue de littérature professionnelle	-
<p><b>II</b> Définition du domaine de l'Intelligence Numérique</p> <p><b>III</b> Le processus de création et d'intégration de l'IA</p>	Entrevues individuelles semi-structurées auprès d'experts de l'industrie de l'IA au Québec	Page 20
<p><b>IV</b> Portait global de l'emploi</p> <p><b>V</b> Taxonomie des métiers de l'Intelligence Numérique (19 fiches-métiers)</p> <p><b>VI</b> 19 Fiches métier de l'intelligence numérique</p> <p><b>VII</b> Répartition industrielle des métiers de l'intelligence numérique</p>	<p>Base de données Gartner répertoriant 13 500 annonces d'emplois en ligne</p> <p>Entrevues individuelles semi-structurées auprès d'experts de l'industrie de l'IA au Québec</p> <p>Sondage (n=75) réalisé auprès de professionnels occupant un emploi relié à l'IA, aux mégadonnées ou à la science des données au Québec.</p>	Page 47
<p><b>VIII</b> État de la demande de compétences</p> <p><b>IX</b> État de la formation</p>	<p>Communauté en ligne composée d'experts en intelligence numérique au Québec. Entrevues téléphoniques de suivi.</p> <p>Sondage (n=400) réalisé auprès de professionnels évoluant dans une entreprise du secteur des TI au Québec</p>	Page 72
<p><b>X</b> Matrices Emploi/Outils numérique</p>	Base de données Gartner répertoriant 13 500 annonces d'emplois en ligne	-



# 1

## CONTEXTE



## Portrait d'un écosystème en IA de premier rang mondial

Les métiers de l'intelligence numérique<sup>1</sup> au Québec sont en effervescence. Ils participent à une tendance mondiale à la promotion du développement des infrastructures de données et des talents en intelligence numérique. Les avancées technologiques progressent à un rythme soutenu à travers la planète: elles poussent les nations à repenser leurs modèles socioéconomiques et à promouvoir le développement des infrastructures de données et d'intelligence artificielle (IA). Les dépenses mondiales reliées aux systèmes d'IA devraient d'ailleurs atteindre 110 milliards de dollars US d'ici à 2024, soit une croissance de 100 % (IDC, 2020). La concurrence est féroce et ce qui en découle est lourd de conséquences. Le leadership en IA et en gestion des données est donc devenu crucial dans un contexte où les pays les plus avancés sont ceux qui en tireront le maximum d'avantages économiques. Car comme l'a démontré l'implantation de certaines technologies par le passé (comme la 4G), les pionniers sont aussi ceux qui fixent les règles du jeu et qui assurent leur compétitivité dans un futur plus que jamais numérique. Dans ce contexte et par des stratégies innovantes (CIFAR, 2019, Forum IA Québec, 2018), le Québec s'est doté d'un plan ambitieux pour figurer parmi les leaders mondiaux en intelligence numérique.

Le Québec ne part pas de zéro concernant la promotion de l'industrie et des talents en intelligence numérique. Fleuron de l'économie numérique canadienne, le Québec est reconnu à l'échelle internationale pour l'excellence de son écosystème en intelligence artificielle. Montréal abrite aujourd'hui l'un des écosystèmes en IA les plus dynamiques au monde où acteurs industriels et académiques travaillent de concert. Parmi ses forces, notons

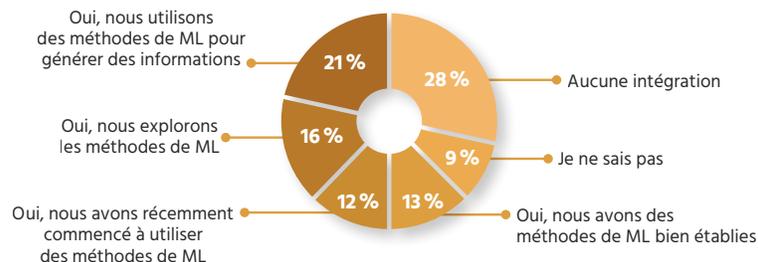
son avant-gardisme dans la recherche fondamentale et appliquée en IA, la présence de pôles novateurs d'hébergement, de protection et de valorisation des données, ainsi que son bassin d'experts, chercheurs et étudiants en IA, parmi les plus importants au monde.

### Une adoption encore timide

Si l'IA présente des potentiels de gains en productivité évidents, son intégration dans les organisations demeure complexe, considérant son impact sur l'évolution des processus organisationnels, des modèles d'affaires et les changements stratégiques et culturels qui en découlent. En effet, les résultats d'un récent sondage mené par Deloitte (2019) auprès de citoyens canadiens et d'entreprises internationales identifie le manque de connaissances en IA, le manque de confiance dans les décisions prises par l'IA, la difficulté à collaborer avec les fournisseurs et à démontrer la valeur générée par l'IA ainsi que les problématiques d'intégration et de mise en œuvre de l'IA comme principaux obstacles à l'adoption de cette technologie par les entreprises canadiennes. De plus, seuls 31% des entreprises ayant adopté l'IA qualifient leur déploiement de réussite (Reynolds, 2018). Force est d'admettre que l'adoption de l'IA est à la fois une opportunité et un défi.

Un retour sur le positionnement historique de Montréal et du Québec en matière d'IA permet de mieux comprendre les enjeux concernant cette technologie et sa main-d'œuvre.

Figure 1: Le niveau d'intégration des méthodes de machine learning (ML) des entreprises embauchant un professionnel en intelligence numérique



<sup>1</sup> L'intelligence numérique regroupe les emplois techniques en IA, science des données et mégadonnées ainsi que les emplois périphériques opérant dans « l'interface » de l'entreprise.

## La genèse de l'IA à Montréal et au Québec

Créés respectivement en 1985 et 1990, le Centre for Intelligent Machines et le Reasoning and Learning Lab de l'Université McGill se spécialisent alors dans les systèmes probabilistes, le traitement de langage naturel, l'apprentissage par renforcement et l'application de l'IA en robotique. Durant cette même période naît le centre de recherche en informatique de Montréal (CRIM), qui développe dès ses premières années des outils de reconnaissance de la parole.

En 1993, c'est l'Institut québécois d'intelligence artificielle (Mila) qui voit le jour grâce au professeur Yoshua Bengio de l'Université de Montréal. Reconnu mondialement pour ses importantes contributions au domaine de l'apprentissage profond, Mila se distingue dans la modélisation du langage, la traduction automatique neuronale, la reconnaissance d'objets et les modèles génératifs. La hausse de

l'intérêt pour l'apprentissage profond est marquée d'un côté par la publication d'articles novateurs et de l'autre par l'applicabilité croissante de cette technologie grâce aux nouvelles capacités de calcul et de stockage des données. Dès lors, le talent en apprentissage profond devient une spécificité très recherchée par les grandes entreprises technologiques.

**Theano** est une bibliothèque Python pour l'apprentissage automatique créée et maintenue initialement par Mila, et ce, dès 2007. Theano témoigne du caractère précurseur de certains chercheurs basés à Montréal.

## L'arrivée de géants technologiques au Québec

Attirées par l'essor de Mila et l'effervescence de l'écosystème québécois, plusieurs entreprises multinationales ont fait le choix de s'établir à Montréal. L'arrivée de ces entreprises technologiques dynamise le milieu, tant sur le plan

industriel qu'universitaire, et complète les initiatives gouvernementales avec le déploiement d'investissements massifs (plus de 700 M\$ depuis 2016).

Figure 2: Arrivée d'entreprises internationales à Montréal (Investissement Québec, 2019)



Ces géants technologiques du secteur privé, principalement américains, exercent toutefois une pression sur le marché des talents en attirant un nombre significatif d'experts en IA<sup>2</sup>. Les producteurs d'IA jouent donc un rôle majeur dans la stimulation de la demande en IA au sein de l'écosystème québécois. Ceci creuse toutefois le fossé entre ces producteurs d'IA, leaders dans le secteur privé, et les petites et grandes entreprises québécoises consommatrices d'IA qui peinent à amorcer leur virage numérique. Au-delà des investissements commerciaux colossaux, ces multinationales jouent également un rôle majeur en recherche. Le Canada compte à cet effet plus de 70 grandes entreprises ayant leur propre laboratoire de recherche en IA (Gagné, 2019).

## Constitution d'un écosystème québécois en IA

Plusieurs organisations endossent un rôle central dans l'exécution de la stratégie provinciale en IA et en gestion des mégadonnées. La Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle (Forum IA Québec, 2018) a comme objectif d'unir ces acteurs avec l'ambition de « créer au Québec le plus important écosystème d'intelligence artificielle en Amérique du Nord et développer une force de travail en ce domaine pour enrainer ce créneau et hisser le Québec au rang des principaux concepteurs, utilisateurs et exportateurs de solutions d'intelligence artificielle ».

Considéré comme un acteur indispensable de la stratégie, Mila joue un rôle essentiel dans l'écosystème québécois. En effet, cet institut compte aujourd'hui la plus importante concentration de chercheurs spécialisés en apprentissage automatique au monde (plus de 600, incluant les professeurs), et comporte également 36 chaires de recherche en IA sur les 80 du pays. Regroupé dans un nouvel espace de 90 000 pi<sup>2</sup> dans le Mile-Ex, Mila a pour vocation d'être plus qu'un centre de recherche et de servir de centre de gravité pour les entreprises en démarrage, les investisseurs et les laboratoires d'entreprises.

En 2016 naît l'Institut de valorisation des données (IVADO). À l'intersection entre les mondes universitaires et corporatifs, IVADO démontre l'excellence des travaux québécois en intelligence numérique avec des projets pluridisciplinaires et intersectoriels. En misant sur le transfert technologique, les instituts comme IVADO, le CRIM, l'Institut Intelligence et Données (IID) de l'Université Laval ou encore des centres collégiaux de transfert de technologies en intelligence artificielle comme JACOB B constituent une réelle source de création de valeur pour l'écosystème en IA.

En 2018 est lancée Scale AI, une supergrappe d'innovation fédérale en IA visant à développer les chaînes d'approvisionnement de nouvelle génération par l'intégration de l'IA afin d'accroître la performance des entreprises canadiennes. Considérée comme un acteur central de l'écosystème canadien en IA, Scale AI prévoit de générer un impact de plus de 16,5 milliards \$ CA sur le PIB canadien et la création/amélioration de plus de 16 000 emplois. De plus, le ministère du Travail, de l'Emploi et de la Solidarité sociale a octroyé en juillet 2019 une aide de 23,4 millions \$ CA à l'organisation pour appuyer des activités de formation pour plus de 25 000 professionnels, cadres et dirigeants.

S'inscrivant dans le cadre du Partenariat mondial sur l'intelligence artificielle (PMIA), le Centre international de Montréal pour l'avancement de l'intelligence artificielle (CEIMIA) est créé en juin 2020. Piloté par Montréal International, il vise à renforcer l'innovation, la commercialisation et l'utilisation responsable de l'IA et des données. La participation aux activités du PMIA favorise également la collaboration entre les gouvernements des provinces et du fédéral, tout en développant des partenariats internationaux (tels que le partenariat stratégique entre le Québec et la France dans le cadre de la Déclaration franco-canadienne sur l'intelligence artificielle).

Dans cette lignée, le Forum IA Québec a officiellement lancé ses activités en septembre 2020 avec comme objectif de rassembler les acteurs gouvernementaux et non gouvernementaux de l'écosystème québécois en IA, et de promouvoir leur collaboration. Au-delà de ses activités de vigie locale et de réflexion stratégique, le Forum favorise également le rayonnement de l'écosystème québécois au Canada et à l'international.

<sup>2</sup> 46 % selon le Global AI Talent Report de Jean-François Gagné (2019)

Figure 3: Forces et faiblesses des acteurs de l'écosystème québécois en IA (Forum IA Québec, 2018, p. 13)

	FORMATION ET RECHERCHE	TISSU INDUSTRIEL	ÉCOSYSTÈME DE SOUTIEN
<b>+</b>	<p><b>Expertise de pointe</b> au-delà de McGill et UdeM</p> <p>Présence de <b>forces sectorielles</b> propres à chaque université, sur lesquelles bâtir et créer un <b>potentiel de spécialisation</b></p> <p><b>Mouvement d'augmentation de la quantité et qualité de talent</b> embauchés par les universités; p. ex., à l'ÉTS et Polytechnique, 2 fois plus d'étudiants en TI en 5 ans</p> <p>Proactivité des acteurs académiques, p. ex., révision en cours de programmes connexes à l'IA</p>	<p><b>Récents levées de fonds de startups</b> prometteuses en IA, avec un total de ~ 150 M\$ au cours des 2 dernières années</p> <p><b>Grande effervescence à Montréal</b> créée par l'établissement de 7 centres de recherche par des géants technologiques</p>	<p>Maturité <b>du capital risque et appétit d'investir dans l'IA.</b></p> <p>Présence d'un vaste réseau provincial <b>d'acteurs historiques du transfert technologique vers les PME</b>, p. ex., Transtech, CEFRIO et le CRIM</p> <p>Présence de <b>plusieurs acteurs</b> à l'avant-garde des <b>déploiements de transformations</b> analytiques et numériques en <b>grandes entreprises</b>, p. ex., Accenture, McKinsey, Deloitte</p>
<b>=</b>	<p>Malgré une collaboration existante, opportunité d'améliorer davantage la <b>coordination entre universités et avec les acteurs industriels</b></p>	<p><b>Écosystèmes de grappes bien connectées</b>, mais dont le rôle vis-à-vis de la grappe en IA reste à définir sur une base individuelle</p>	<p>Les institutions académiques se sont dotées de structures visant à <b>accélérer le transfert technologique</b>, bien que le format ait besoin d'être précisé</p>
<b>-</b>	<p><b>Difficultés</b> pour <b>attirer le talent académique</b>, dues aux ressources financières et au cadre d'emploi</p> <p>Fort risque de perdre l'avantage compétitif historique - <b>petit bassin de talents facilement déstabilisable - , crainte de l'écosystème face aux géants technologiques</b></p> <p><b>Absence d'arrimage</b> entre la formation universitaire, la formation collégiale et les besoins de l'industrie</p> <p><b>Multiplication des acteurs et des alliances</b> à l'intérieur et à l'extérieur du Québec</p>	<p>À l'exception des principales entreprises technologiques, <b>difficulté croissante</b> à embaucher des <b>talents en TI</b></p> <p>Niveau naissant d'intérêt dans les <b>grandes entreprises « non tech » québécoises</b>, mais <b>manque de compréhension</b> sur le potentiel de valeur à court terme et de transformation des modèles d'affaires à plus long terme</p> <p><b>Rareté d'entreprises/organisations d'ancrage pouvant servir de premier client</b></p> <p><b>Capital de croissance insuffisant</b></p>	<p><b>Force de frappe qui demeure limitée</b> en transfert technologique auprès des <b>PME</b></p> <p>Capacité de <b>transfert technologique</b> répartie à travers de <b>multiples acteurs</b> - p. ex., Aligo, Univalor, avec des liens plus ou moins proches des universités</p> <p>Manque de <b>financement de croissance</b> pour les futures startups à succès</p>

## Développer le bassin de talents en IA : Une priorité absolue

La présence de grands groupes technologiques dessine un écosystème québécois complet capable aujourd'hui de rivaliser avec celui de la Silicon Valley, principal responsable de la fuite des cerveaux canadiens. Toutefois, cette opportunité accentue la rareté des talents en IA et les difficultés liées à leur rétention du point de vue des petites et moyennes entreprises. Par exemple, le poste de scientifique de données est l'emploi le plus touché par la pénurie de main-d'œuvre, avec un nombre d'offres d'emploi multiplié par deux en l'espace d'une année, et des centaines de milliers de postes vacants à l'échelle mondiale (Hurtgen et al., 2020).

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

(Forum IA Québec, 2018)

Dans ce contexte de grande concurrence pour attirer les talents, des recommandations émergent et font consensus :

1

Augmenter la capacité d'attirer des chercheurs.

2

Assurer l'afflux - en quantité et en qualité - d'étudiants locaux et étrangers dans les cycles supérieurs.

3

Dresser et maintenir un portrait clair et exhaustif pour l'ensemble des acteurs des besoins, des manques et des possibilités en matière de compétences en sciences numériques.

4

Soutenir les établissements d'enseignement dans l'actualisation de leur offre de formation.

5

Promouvoir la littératie mathématique et la démocratisation des sciences.

6

Faciliter l'accès à l'information sur les ressources disponibles pour les acteurs de l'écosystème en IA et favoriser leur mise en relation par l'entremise d'une vitrine commune.

Le développement des compétences en IA et en science des données est donc un prérequis fondamental pour faire face à la pénurie de talents, qui devrait s'amplifier. À ce propos, les universités se sont rapidement adaptées à l'évolution des besoins du marché en offrant de nouveaux programmes menant à l'obtention de diplômes et de certificats en IA, science des données, mégadonnées et analytique.

De plus, les différents cégeps et universités de Montréal ont suivi l'une des recommandations mentionnées plus haut en créant un lieu de concertation et de collaboration sous la forme d'un pôle montréalais en enseignement supérieur (PIA). Quatorze projets sont en cours de réalisation concernant la formation ou des référentiels de compétences.

Les besoins en talents restent immenses. Selon une étude récente de McKinsey Global Institute (2020), 87% des organisations sont déjà confrontées à cette pénurie ou s'attendent à l'être dans un futur proche. Alors que les technologies de rupture comme l'IA ont un impact significatif sur la modification des compétences, deux-tiers des répondants identifient le recrutement comme solution pour relever ce défi, alors que 56% optent pour la formation et la reformation du personnel.

## Investissements publics majeurs

Alors que les retombées économiques mondiales de l'IA devraient atteindre les 20 000 milliards de dollars d'ici 2030 (Forum IA Québec), les États (comme les États-Unis, la Chine ou le Japon) s'empressent d'investir dans le développement de l'IA et les infrastructures en mégadonnées. Dans cette compétition d'innovation technologique, le Canada et le Québec ont déployé une série d'investissements publics majeurs afin de conforter leur avance scientifique et d'en accélérer les retombées économiques et sociales.

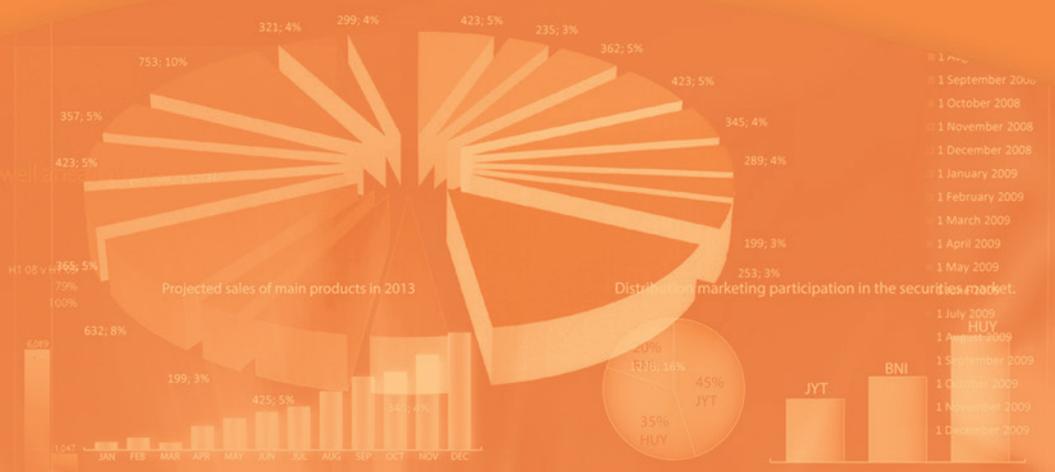
Figure 4: Financement public annoncé pour le développement de l'IA au Québec depuis 2016 (Forum IA Québec, p. 14)

2016	Subvention fédérale de 93,6 M\$ sur 7 ans octroyée par le Fonds d'excellence en recherche Apogée dans le cadre du projet «Données au service des Canadiens» mené par l'IVADO.
2017	Financement de 25 M\$ sur 5 ans octroyé au CRIM par le ministère de l'Économie et de l'Innovation (MESI).
2017	Octroi d'un budget de 100 M\$ sur 5 ans par le MESI dans l'optique d'accélérer et optimiser le développement de l'écosystème québécois en IA.
2017	Subvention fédérale de 44 M\$ au MILA dans le cadre de la stratégie pancanadienne en matière d'IA (CIFAR).
2018	Octroi d'un financement du gouvernement fédéral de 230 M\$ Scale AI, complété par 53 M\$ du gouvernement provincial (QC).

### 2008-2009 Income performance well



	H1 08	H2 08	H1 09
Top-line income	4,754	5,074	10,489
Credit market losses in income	(2,225)	(4,065)	(3,507)
Own credit	852	911	(893)
Total income	3,411	1,820	6,089
Impairment charges and other credit provisions	(1,226)	(1,127)	(1,874)
Net income	2,185	623	4,215



- 1 July 2009
- 1 September 2009
- 1 October 2008
- 1 November 2008
- 1 December 2008
- 1 January 2009
- 1 February 2009
- 1 March 2009
- 1 April 2009
- 1 May 2009
- 1 July 2009
- 1 August 2009
- 1 September 2009
- 1 October 2009
- 1 November 2009
- 1 December 2009

Category	Value
HRT	12%
TRG	10%
FEW	25%
RDW	10%
BGY	10%
HRT	10%

# 2

## DÉFINITION DU DOMAINE DE L'INTELLIGENCE NUMÉRIQUE



## Note méthodologique

Dans un premier temps, l'équipe projet a mené une série d'entrevues individuelles auprès d'experts de l'industrie afin de mieux comprendre la réalité et les défis associés à la main-d'œuvre en intelligence artificielle, science des données et mégadonnées au Québec. De nature semi-structurée, ces entrevues d'environ une heure ont permis d'obtenir la définition des concepts à l'étude tels que perçus et vécus par les experts. Ces entrevues ont permis de retracer les différentes étapes de la transformation numérique (de la création à l'intégration de solutions d'IA) et d'identifier les différents postes, structures d'équipes, compétences, connaissances et outils utilisés par les professionnels en IA pour chacune de ces étapes. Cette démarche permet d'offrir une perspective qui reflète

au plus près la réalité des acteurs de l'industrie de l'IA au Québec. Les entrevues ont été retranscrites en verbatim et analysées qualitativement par codification thématique (NVivo).

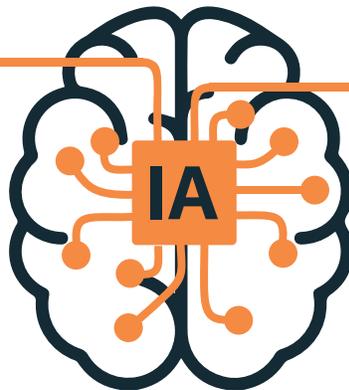
Profil des experts en IA : les experts sont majoritairement localisés dans la région de Montréal (66,7%) et sont principalement des hommes (77,8%). Tous exercent des postes de cadres dans des entreprises qui sont impliquées dans l'IA (développement de produits propulsés par l'IA, service-conseil en IA, institut de recherche en IA, etc.).

## Définition de l'IA

L'expression «intelligence artificielle» désigne la conception de systèmes informatiques qui sont capables de présenter certains attributs de l'intelligence humaine (comme l'apprentissage, la réflexion, la résolution de problème, le raisonnement, l'élaboration de stratégies) (Forum IA, 2018). Il existe deux types d'intelligence artificielle :

### L'intelligence artificielle « faible »

qui désigne une machine ou un programme capable d'effectuer une tâche précise potentiellement très complexe, mais spécialisée, comme jouer efficacement au Go ;



### L'intelligence artificielle « générale »

qui désigne une machine ou un programme capable d'apprendre de multiples tâches et de transférer ses connaissances d'un problème à un autre, comme le ferait un être humain. À ce jour, seules des formes d'intelligence artificielle « faible » existent, bien qu'elles concernent des tâches de plus en plus complexes.

## Une technologie habilitante

Les applications de l'IA ont crû substantiellement ces dernières années (comme dans le transport de marchandises, la simulation vocale et la reconnaissance visuelle, la prévision météorologique, la calligraphie, les diagnostics médicaux, la composition musicale, la rédaction de codes logiciels, etc.) et pénètrent progressivement l'ensemble des secteurs d'activité. À cet effet, 85 % des solutions d'IA commercialisées seront concrètement appliquées dans l'industrie d'ici à 2023 (Gartner, 2020).

## Quatre éléments fondamentaux

Plus précisément, les experts interrogés par TECHNOCompétences distinguent quatre éléments fondamentaux quant à l'IA :

- 1 Il s'agit d'une science qui permet d'accorder des capacités de raisonnement humain à une machine ;
- 2 Elle utilise des algorithmes comme outils et facilitateurs de prises de décision et d'actions ;
- 3 Elle touche à l'analyse de données afin de résoudre des problèmes et d'en tirer des connaissances ;
- 4 Il s'agit, dans la majorité des cas, d'un outil prédictif.

### La recherche opérationnelle et la science de l'aide à la décision (« decision science »)

L'IA, dans la plupart de ses utilisations, est plus proche de la recherche opérationnelle et de la science de la décision que de la robotique. Elles partagent l'emploi de techniques issues des sciences mathématiques visant à déterminer des solutions telles que la modélisation mathématique, l'analyse statistique et l'optimisation.

## Les types d'apprentissage

L'IA et son développement reposent essentiellement sur trois grandes catégories d'algorithmes d'apprentissage automatique :

- 1 L'apprentissage supervisé permet d'inférer des règles dont la valeur des résultats est connue à partir d'exemples bien programmés et définis. Ces exemples permettent à la machine de développer des prédictions dont la précision dépend de la qualité, mais aussi du volume d'entraînement de l'algorithme.
- 2 L'apprentissage non supervisé permet à la machine de détecter des patrons (« patterns ») dans les données de manière autonome. La machine identifie les répétitions dans les données (bien souvent disparates et non structurées/étiquetées) et les catégorise en fonction de leurs récurrences et similarités.
- 3 L'apprentissage par renforcement repose sur l'utilisation d'un dispositif/agent autonome, tel un robot, qui apprend à réviser et adapter ses actions sur la base d'expériences régies par des règles d'action au sein d'un environnement fermé. Les actions de l'agent sont alors renforcées (ou récompensées) positivement ou négativement, ce qui lui permet d'adopter au fil du temps les comportements décisionnels souhaités (et souhaitables).

Figure 5: Les algorithmes les plus utilisés (n=75)

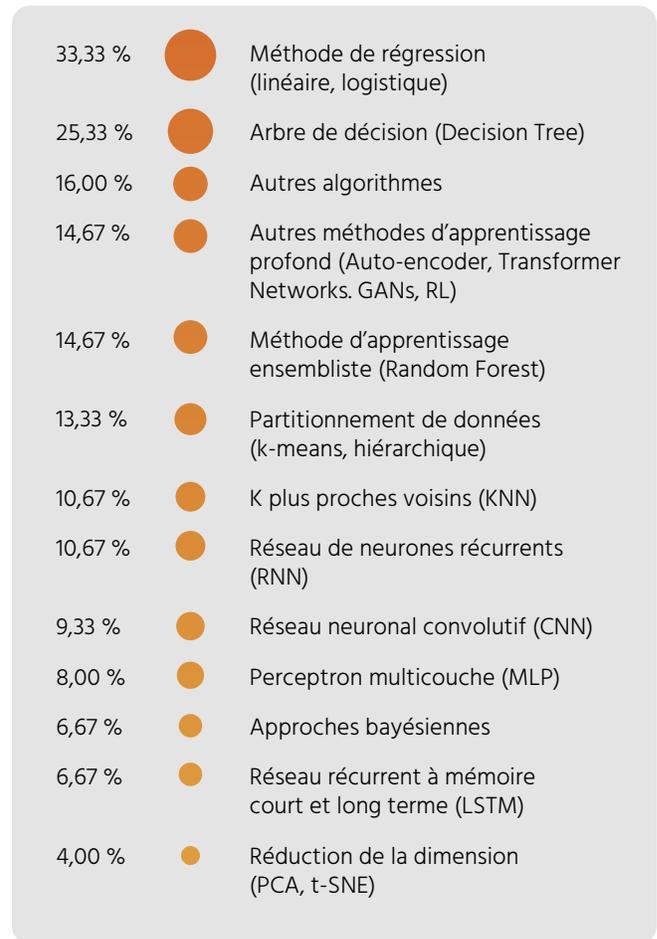
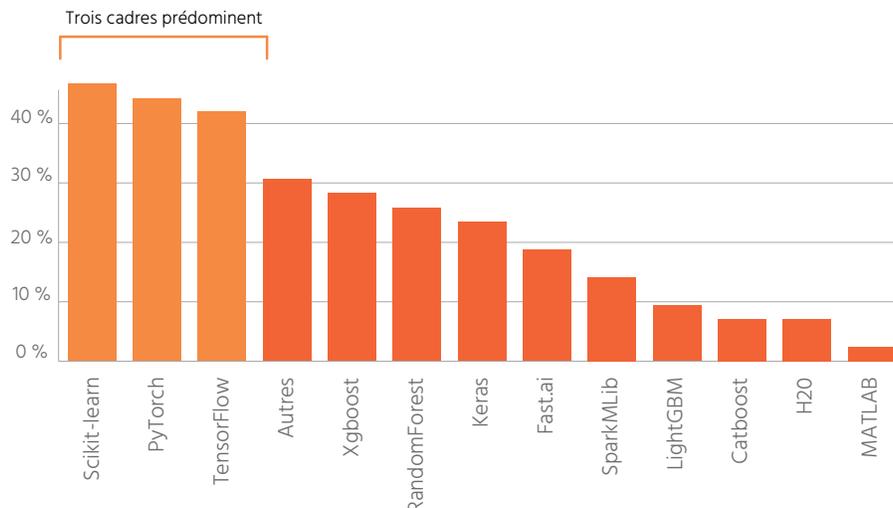


Figure 6: Les cadres d'apprentissage automatique les plus utilisés (n=75)



## Le détecteur de pourriels

Utiliser des techniques de programmation traditionnelles pour détecter un pourriel reviendrait à coder en dur («hardcode») un algorithme de détection pour chacun des mots suspectés d'être présents dans un pourriel (ex. «vous avez gagné un concours», «gratuit», etc.). En revanche, un même filtre basé sur des techniques d'apprentissage automatique peut identifier les bons prédicteurs en détectant des patrons présents dans les données d'observation. Le programme sera plus court, plus facile à maintenir avec le temps et probablement plus précis.

### Les utilisations de l'IA

La diffusion de l'IA dans le monde des affaires se caractérise de plusieurs manières : certaines organisations conçoivent de l'IA tandis que d'autres intègrent ou utilisent l'IA dans les solutions qu'elles proposent à leurs clients. Plus encore, certaines organisations intègrent l'IA dans une démarche interne d'optimisation. Certaines grandes entreprises technologiques parviennent à regrouper les différents pôles de la chaîne de valeur de l'IA en utilisant l'IA à la fois dans leur conception et dans leur organisation interne.

### Un besoin massif de données

Par-delà leurs spécificités, ces trois grandes catégories d'apprentissage automatique requièrent la présence d'une quantité massive d'informations. De plus, la puissance de calcul et la disponibilité des mégadonnées ont permis le développement et la sophistication d'algorithmes qui offrent la possibilité d'aborder des problématiques complexes qui ne pouvaient être résolues avec des méthodes traditionnelles. Les algorithmes d'apprentissage profond sont d'autant plus performants qu'ils nécessitent une quantité colossale de données. Ces dernières comprennent très souvent des millions voire des milliards d'éléments sous-jacents de données, qui eux-mêmes peuvent avoir des milliers de caractéristiques ramifiées (Davenport, 2018).

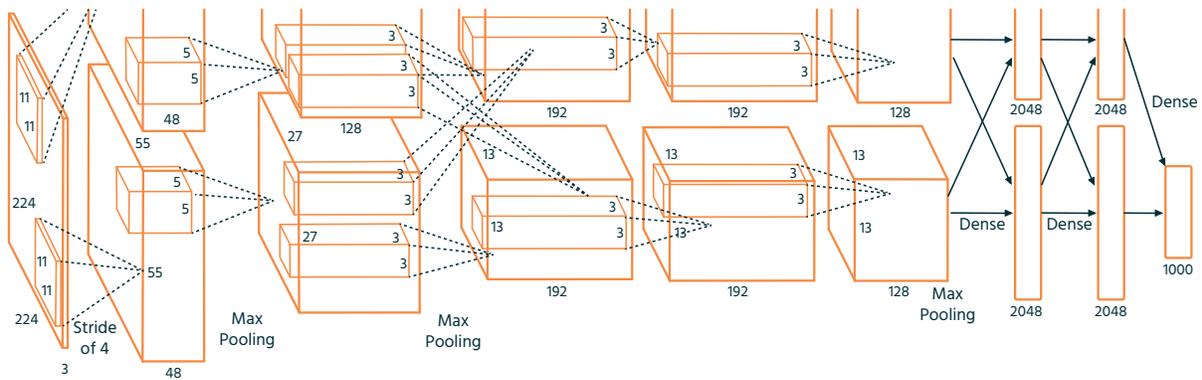
### Vers une IA explicative

Cependant, l'IA devient de plus en plus sophistiquée et peut parvenir à des décisions qui proviennent de processus opaques (problématique de la «boîte noire»). Dans ce cas de figure, l'expertise humaine devient primordiale pour expliquer les comportements et les résultats de la machine. À cet effet, l'IA explicable (un domaine en expansion de l'apprentissage automatique) permet d'évaluer les algorithmes décisionnels de la boîte noire afin de les rendre plus transparents et ainsi mieux comprendre le raisonnement de la machine. La traçabilité et la vérifiabilité des algorithmes décisionnels sont des enjeux majeurs pointés par les experts. Sur la base des prédictions Gartner (AI Business, 2020), tous les professionnels en IA devront présenter une expertise en développement responsable de l'IA d'ici à 2023.

## AlexNet

Le 30 septembre 2012, un réseau de neurones convolutif («convolutional neural network») appelé AlexNet a remporté le ImageNet 2012 Challenge avec un taux d'erreur de 10,8 % inférieur à celui du finaliste. Cela a été rendu possible grâce à l'utilisation d'unités de traitement graphique («graphic processing unit») pendant l'entraînement, un ingrédient essentiel de la révolution de l'apprentissage profond. Les réseaux sont dorénavant beaucoup plus gros, certains ayant une capacité de 175 milliards de paramètres.

Figure 7: Schématisation d'AlexNet



## Définition des mégadonnées

Les mégadonnées influencent aujourd'hui un grand nombre de résultats organisationnels et sociétaux. Par conséquent, l'intérêt de la communauté d'affaires envers les mégadonnées s'est fortement et rapidement accru. L'émergence d'un tel engouement repose sur la croissance exponentielle du nombre de données disponibles et la démocratisation des solutions d'infonuagiques (cloud computing) permettant d'abaisser les coûts de stockage et d'hébergement des données. De plus, le développement de l'IA et la sophistication des techniques d'apprentissage automatique facilitent considérablement l'analyse et la conversion des mégadonnées en connaissances à valeur ajoutée (McKinsey, 2017). Poussés par l'impératif de capter des données de qualité en temps réel, les entreprises et les gouvernements investissent des milliards de dollars dans

le développement des infrastructures de données. Les mégadonnées sont aussi extrêmement populaires sur les réseaux professionnels, avec des milliers de publications LinkedIn écrites sur le sujet (Huselid & Minbaeva, 2018).

Les mégadonnées représentent le domaine de l'intelligence numérique pour lequel la définition donnée par les experts interrogés dans cette étude est la plus consensuelle. Ils parlent de mégadonnées lorsqu'il y a un changement d'échelle si important dans le volume de données qu'une machine (ou un ordinateur standard) ne suffit plus pour les stocker et les traiter.

## Les «V» des mégadonnées

Les mégadonnées se définissent par plusieurs caractéristiques (allant des 3 V jusqu'aux 7 V)<sup>3</sup>, dont certaines demeurent centrales :

1

### Volume

La quantité de données est telle que les outils traditionnels de gestion des données ne suffisent plus pour les stocker et les analyser.

2

### Vélocité

Les données sont générées à une vitesse sans précédent depuis différentes sources numériques (capteurs, communications électroniques, etc.), offrant ainsi la possibilité d'une analyse en temps réel. Les mégadonnées permettent aux organisations d'être agiles dans l'analyse et la capture de valeur produite par les données.

3

### Variété

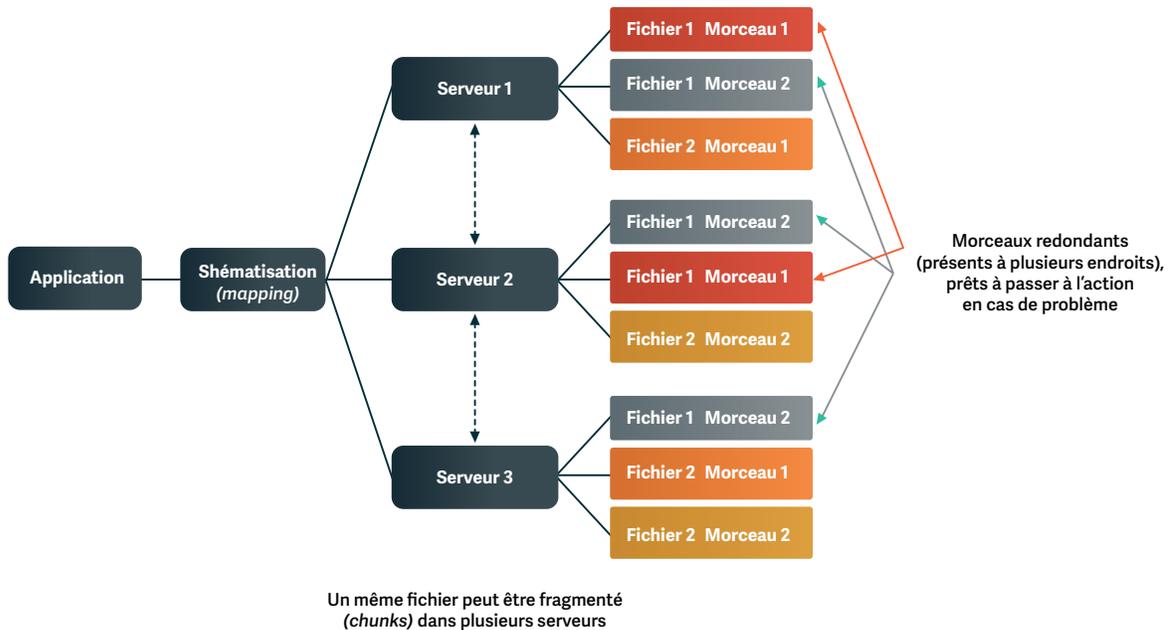
Les mégadonnées sont souvent de différentes natures (texte, éléments audio ou vidéos, entrées numériques, phénomènes physiques captés par des capteurs sensoriels, etc.), peuvent être structurées ou non structurées et proviennent de sources internes et externes. La fusion de données provenant de différentes sources reste un procédé complexe.

## Le traitement distribué des données

Si les données sont souvent considérées comme la matière première du XXI<sup>e</sup> siècle, ce sont les capacités analytiques qui permettent d'en extraire de précieuses perspectives. Dans cette optique, les experts qui travaillent avec des mégadonnées utilisent des outils de traitement distribué de données, **Hadoop** et les technologies **MapReduce**, **Spark** et **Kafka** figurant parmi les principaux. Les applications comme Excel et SPSS ne permettent pas de traiter des données volumineuses. Le travail se fait alors de manière programmatique, soutenu par une infrastructure de données où plusieurs parties d'un seul ensemble de données peuvent être dispersées sur plusieurs serveurs.

<sup>3</sup> Les quatre V restants sont la véracité, la variabilité, la valeur et la visualisation.

Figure 8: Schématisation d'un traitement distribué de données



## Les services en infonuagique

Les entreprises qui adoptent les mégadonnées cherchent à développer des infrastructures fiables et flexibles, offrant une grande disponibilité. De plus en plus, les services en infonuagique semblent être priorités pour une quantité de données très importante avec un niveau de sensibilité modéré. Les principaux services en infonuagique et de stockage de données sont, d'après les experts, Amazon Web Services dont Redshift, Microsoft Azure et les services de Google, qui peuvent engendrer des coûts très importants pour les entreprises. Cela étant, l'externalisation de la gestion d'une infrastructure informatique réduit les risques financiers associés aux investissements dans une infrastructure qui peut rapidement ne plus répondre à la rapidité d'évolution des technologies (Ren et al., 2015).

L'infonuagique étant aujourd'hui largement utilisée (les technologies de traitement distribué des données y sont étroitement liées), les experts expriment des préoccupa-

tions en matière de cybersécurité et de protection des données. La notion de gouvernance des données devient un enjeu crucial, confirmé lors des entrevues avec les experts. Elles révèlent d'ailleurs les principaux facteurs qui orientent le choix des acteurs en matière d'outils de stockage des données, à savoir :

- Le volume des données;
- La fréquence d'accès aux données, et;
- Le niveau de sensibilité des données.

À titre d'exemple, imaginons une entreprise en service-conseil qui détermine une solution de stockage des données en fonction des besoins de son client. Les données considérées comme très sensibles seraient alors probablement traitées sur des serveurs privés, plus communément appelés « in house ». (Ren et al., 2015).

Figure 9: Les produits d'infonuagiques les plus régulièrement utilisés dans le cadre du travail d'un professionnel en intelligence numérique

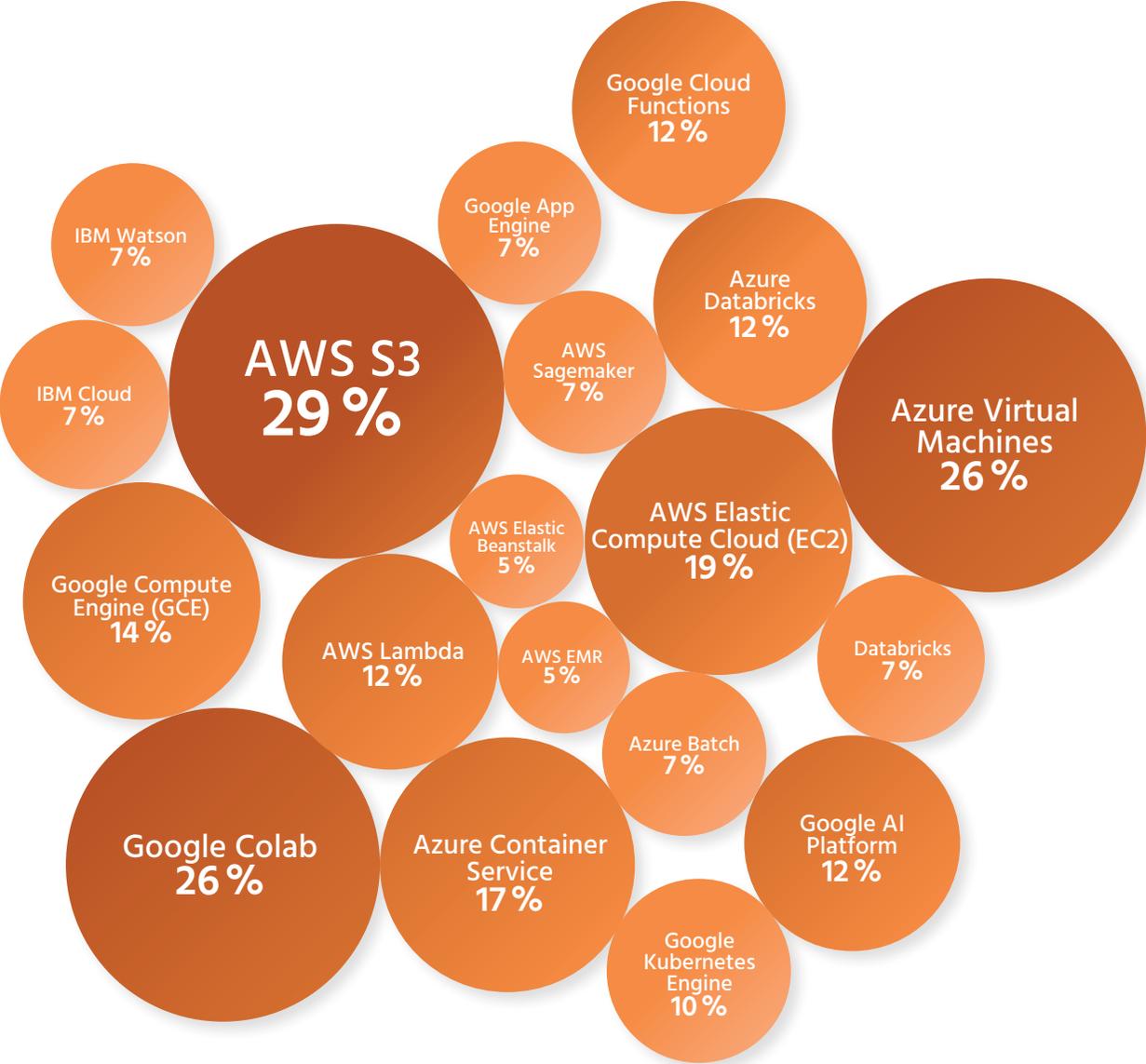
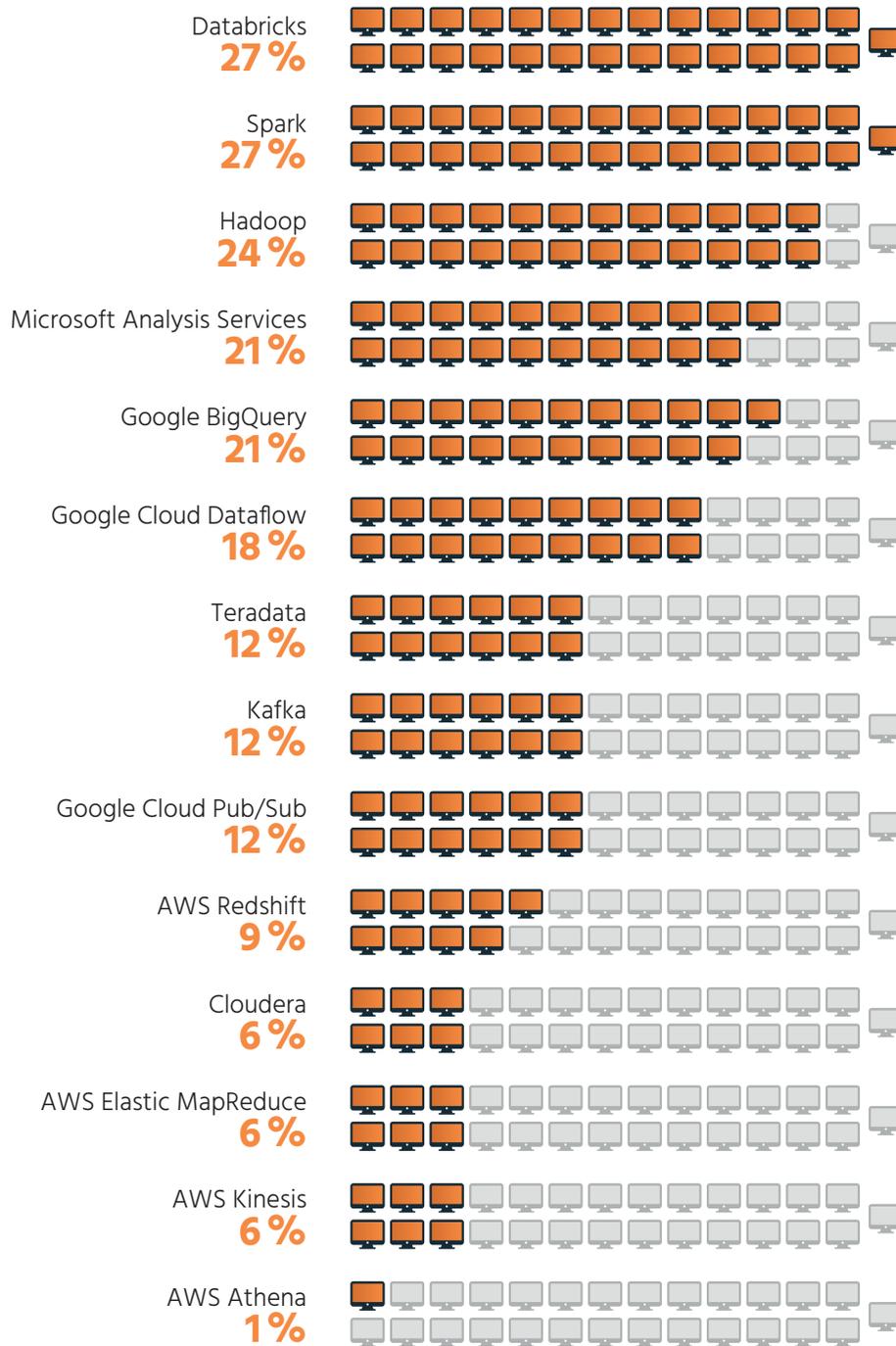


Figure 10: Les technologies de mégadonnées les plus régulièrement utilisées dans le cadre du travail d'un professionnel en intelligence numérique



## Définition de la science des données

La science des données, dont la définition recueillie est moins consensuelle, est un domaine pluridisciplinaire permettant l'exploration et l'analyse de données dans le but d'en extraire des connaissances adaptées à la problématique d'affaires identifiée. Elle aide à mettre en lumière des tendances et des patrons complexes, dont l'interprétation et la compréhension doivent permettre une prise de décision optimisée. Les compétences et tâches effectuées en science des données sont multiples et croisent les trois domaines de l'intelligence numérique. Des « métiers » (détaillés en section 5) émergent et gagnent en visibilité. Parmi eux, certains profils ont des compétences multiples, alors que d'autres se spécialisent dans des étapes ou tâches spécifiques, telles que le prétraitement, l'analyse et la modélisation, la connaissance du domaine, la vulgarisation et la visualisation.

## Les principaux éléments de la science des données

### Prétraitement

De façon générale, les données doivent être gérées, corrigées, nettoyées, stockées et traitées avant de mettre en place des algorithmes d'apprentissage. Ce sont souvent les ingénieurs de données (« data engineers ») qui mettent en place l'infrastructure informatique et qui nettoient les données (au tout début du processus de développement de la preuve de concept, par exemple). Les solutions peuvent ensuite être développées, de façon conjointe avec les ingénieurs en apprentissage automatique (« machine learning engineers »).

#### Exemple de prétraitement : l'encodage de données catégorielles

	Pays
1	Canada
2	Allemagne
3	France
...	...

#### Après

	pays_Canada	pays_Allemagne	pays_France	...
1	1	0	0	...
2	0	1	0	...
3	0	0	1	...
...	...	...	...	...

### **Analyse et modélisation**

Le scientifique de données est souvent celui qui conçoit les principaux algorithmes et modèles qui feront fonctionner la solution d'IA à développer. Ses connaissances en statistiques et en programmation sont donc mises de l'avant. Cependant, ces mêmes connaissances ne sont pas suffisantes pour apporter une réelle valeur aux organisations et aux individus. C'est pourquoi les scientifiques de données travaillent généralement avec des personnes qui connaissent un domaine ou un secteur d'activité spécifique.

### **Connaissance du domaine**

Afin de proposer des solutions algorithmiques qui répondent aux besoins d'affaires (au niveau organisationnel ou individuel), le travail d'équipe et la collaboration sont indispensables. La présence d'un expert du domaine est souvent requise, afin de guider les équipes vers une réalité ou un domaine spécifique, tel que la médecine, la finance, la logistique ou encore les ressources humaines. Certains ingénieurs de données ou en apprentissage automatique ayant longtemps œuvré dans un secteur spécifique peuvent développer un profil double ou « bilingue ».

### **Vulgarisation (et visualisation)**

La capacité à présenter (à travers l'utilisation d'outils de visualisation) et à vulgariser des solutions aux clients internes et externes, et ce, tout au long des étapes de développement, est un savoir-faire supplémentaire des scientifiques de données. Plusieurs spécialistes abordent la notion de travail agile avec les clients, qui nécessite une communication de qualité, de la conception des premiers algorithmes jusqu'à la livraison de la solution finale.

Figure 11: Les cinq activités constituant la plus grande partie du rôle d'un scientifique de données





**3**

## **LE PROCESSUS DE CRÉATION ET D'INTÉGRATION DE L'IA**

Quatre phases essentielles au processus de transformation numérique ont été identifiées. Ces phases sont itératives et influencées par le niveau initial de maturité technologique de l'entreprise.

### L'identification des problématiques et l'orientation stratégique

Si les entreprises allouent des ressources spécifiques aux projets d'IA, elles doivent s'assurer de pouvoir générer un retour sur investissement. Ce calcul de rentabilité doit prendre en compte le niveau de maturité numérique de l'entreprise (ou du produit) ainsi que la capacité à collecter et nettoyer la quantité de données nécessaire à la réussite du projet. Analyser la quantité et la qualité des données existantes et potentielles est une étape fondamentale pour pouvoir prédire l'efficacité des algorithmes et modèles qui seront développés. Enfin, les entreprises désirant implanter des solutions d'IA devraient procéder à une veille concurrentielle systématique pour rester informées des différentes utilisations possibles de l'IA dans un secteur (chaîne de produits) et ouvrir leurs avenues d'innovation.

L'étape d'identification de la problématique nécessite un travail de collaboration étroit entre professionnels techniques<sup>4</sup> et d'affaires.

- D'abord, la présence d'experts du domaine (du client ou de l'entreprise) est primordiale afin d'arrimer la solution d'IA aux besoins spécifiques de l'organisation. Les experts du domaine sont généralement mandatés à titre de consultants, mais peuvent toutefois travailler à temps plein dans les grandes entreprises en IA.
- Ensuite, l'intervention d'experts techniques est requise pour estimer la faisabilité du projet, anticiper la performance de la solution et déterminer comment l'implanter dans l'entreprise (client). Les scientifiques de données ou architectes de solutions («solutions architects») sont les profils techniques sollicités à cette étape puisqu'ils conçoivent, perfectionnent, présentent et intègrent les solutions algorithmiques.
- Enfin, les experts du côté des affaires (analyste d'affaires/gestionnaire de projet) maintiennent la relation client, s'occupent des aspects financiers du projet et préparent les enjeux de gestion du changement inhérents à l'implantation de la solution.

<sup>4</sup> Tels que définis dans la taxonomie des métiers développée dans la présente étude, les termes « professionnels techniques » réfèrent à la nature technique des tâches en lien avec l'IA et les mégadonnées, et non à l'ordre d'enseignement.

## La preuve de concept

Une fois la problématique d'affaires clairement identifiée, il est nécessaire de déterminer et de présenter la preuve de concept. Celle-ci comprend les premiers développements techniques de la solution d'IA avec la création des principaux algorithmes qui sont testés avec des données préliminaires. Cette étape permet avant tout de calculer la précision de la solution et au client de mieux en comprendre le fonctionnement. Le seuil d'efficacité minimale varie selon les types de solution et d'utilisation. Par exemple, une solution d'IA commerciale pourrait se contenter d'une efficacité estimée à 75 %, alors qu'une application dans le domaine de la santé nécessiterait une efficacité minimale de 98 %. Les experts relèvent le grand nombre d'itérations entre les entrées de données et les modifications apportées aux algorithmes. Lorsque la précision cible est atteinte, le modèle algorithmique est considéré comme un prototype fonctionnel.

L'étape de la preuve de concept requiert un concentré de professionnels techniques ayant des connaissances et compétences avancées en statistiques, programmation et bases de données.

- En premier lieu, les scientifiques de données conçoivent et élaborent les principaux algorithmes qui propulsent la solution. Ils assurent également le bon fonctionnement des modèles.
- Ensuite, les ingénieurs en apprentissage automatique ou les développeurs en IA (« AI developers ») développent les algorithmes élaborés par les scientifiques de données afin de les rendre fonctionnels dans la solution finale.
- Enfin, les ingénieurs de données assurent l'assistance technique quant à la programmation des codes des modèles et autres problèmes liés aux systèmes informatiques.

## La production

Si la preuve de concept est concluante, les professionnels en IA poursuivent la programmation et le perfectionnement des algorithmes créés. Les équipes de développement se chargent ensuite de transformer le prototype en une solution finale.

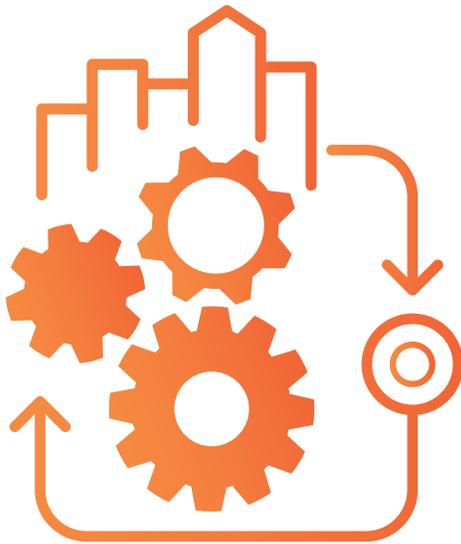
- Une phase pilote est organisée afin de mettre à l'épreuve la solution d'IA avec des données en temps réel, et ainsi valider son fonctionnement.
- Les ajustements nécessaires sont ensuite apportés aux codes et algorithmes par les équipes de développement. Ce sont principalement les ingénieurs en apprentissage automatique, les développeurs en IA ou les ingénieurs de données qui apportent les correctifs.

- La solution est alors déployée à grande échelle et intégrée à l'infrastructure prévue. Les algorithmes sont alimentés par un flux constant de données «vivantes» permettant d'identifier le potentiel d'optimisation de la solution. Ce sont les architectes de solutions qui sont responsables d'intégrer la solution au sein de l'infrastructure.

Les experts interrogés mentionnent toutefois que l'interface (soit l'application, le logiciel ou la plateforme) d'où est propulsée l'IA est généralement développée en parallèle par une équipe traditionnelle de programmation et développement, composée d'ingénieurs en logiciels («software engineers») et de programmeurs d'applications frontales et dorsales («front-end» et «back-end programmers»). Une fois la solution implantée, les analystes d'affaires s'occupent de maintenir la relation client et constituent les ressources de première ligne pour aider le client à utiliser la solution.

## L'adoption

L'adoption de la solution en fin de processus de développement est un défi important. À ce titre, la gestion cruciale des préoccupations liées aux changements relève généralement des analystes d'affaires. Cet enjeu d'adoption de l'IA est identifié par les experts comme le plus grand défi de l'industrie et démontre le rôle stratégique des cadres et gestionnaires des entreprises, tout comme des équipes clientes, qui détiennent le pouvoir décisionnel.





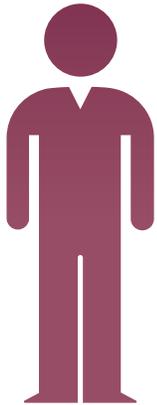
4

**PORTRAIT GLOBAL  
DE L'EMPLOI**

# PORTRAIT GLOBAL DE L'EMPLOI

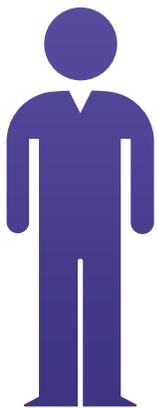
Près de 45 000 professionnels en intelligence numérique au Québec

**CENTRE** Plus de 2 200 professionnels au cœur de l'IA, de la science des données ou des mégadonnées.



710	Scientifique de (méga)données
561	Analyste de (méga)données
435	Ingénieur de données
243	Ingénieur en apprentissage automatique
216	Chercheur scientifique en intelligence artificielle
66	Spécialiste en vision par ordinateur
56	Développeur/Ingénieur en traitement automatique du langage naturel

**PÉRIPHÉRIE** Plus de 40 000 professionnels dans des emplois périphériques à l'IA, à la science des données ou aux mégadonnées.



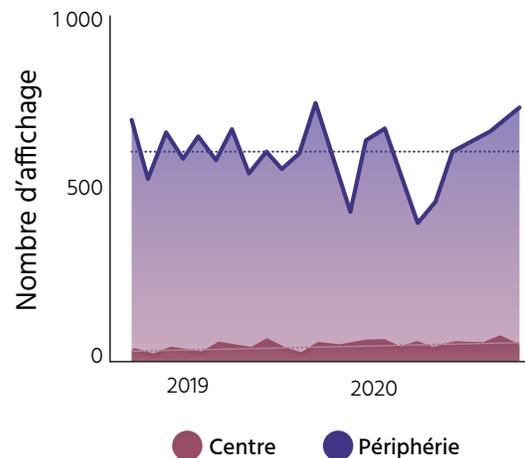
15 382	Programmeur-Analyste
5 079	Analyste d'affaires
4 973	Développeur Front-End
3 176	Analyste en intelligence d'affaires
3 140	Gestionnaire de projet
2 465	Développeur Full-Stack
1 982	Architecte de solutions
1 912	Développeur Back-End
1 566	Administrateur de bases de données
1 492	Ingénieur DevOps
489	Architecte de données
187	Responsable de la sécurité des données

Un salaire moyen de 84 000 \$

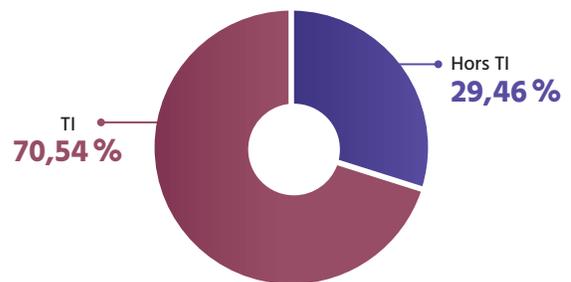


Salaire moyen en TI : **78 000**

Les métiers au cœur de l'IA en progression  
Volume hebdomadaire des offres d'emploi



Une demande très concentrée dans le domaine des TI





### Nouveaux métiers

- Spécialiste en interaction homme-machine/IA responsable (ou Algorithmiste)
- Responsable de la maintenance de solutions d'IA
- Responsable en informatique de périphérie



### Le processus de création et d'intégration de l'IA en entreprise

- L'identification des problématiques et l'orientation stratégique
- La preuve de concept
- La production
- L'adoption

## Des compétences en demande

### TRANSVERSALES

- Analyse
- Recherche
- Leadership
- Opérations
- Résolution de problèmes
- Planification

### TECHNIQUES

- Méthodologie Agile
- Apprentissage automatique
- Bases de données
- Intégration
- DevOps
- Développement logiciel



### ALGORITHMES LES PLUS UTILISÉS

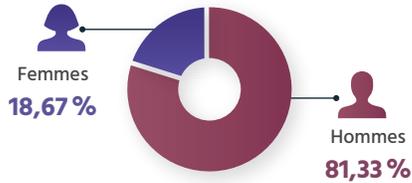
- 1 Méthode de régression (linéaire, logistique)
- 2 Arbre de décision
- 3 Méthode d'apprentissage ensembliste (Random Forest)

### CADRES D'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE LES PLUS UTILISÉS

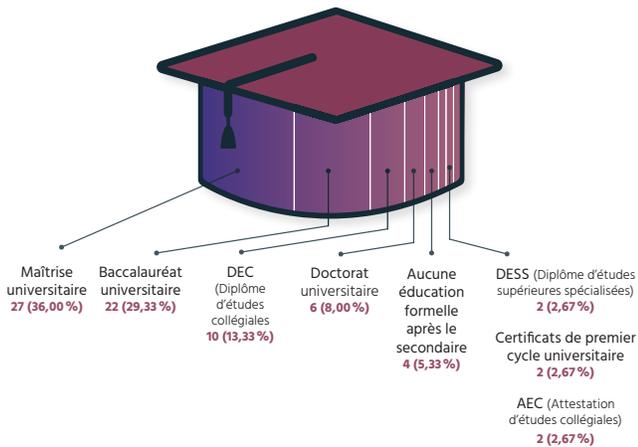
- 1 Scikit-learn
- 2 PyTorch
- 3 TensorFlow

## Pourcentage hommes-femmes

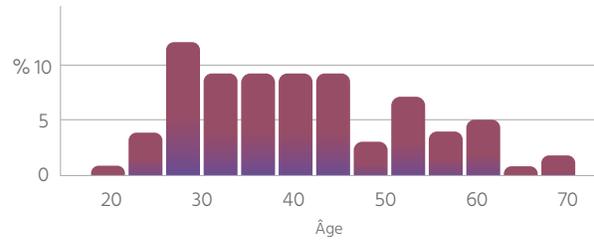
Portrait socio-démographique



## Quel est le plus haut niveau d'éducation que vous avez atteint ou que vous prévoyez atteindre au cours des 2 prochaines années ?



## Distribution de l'âge

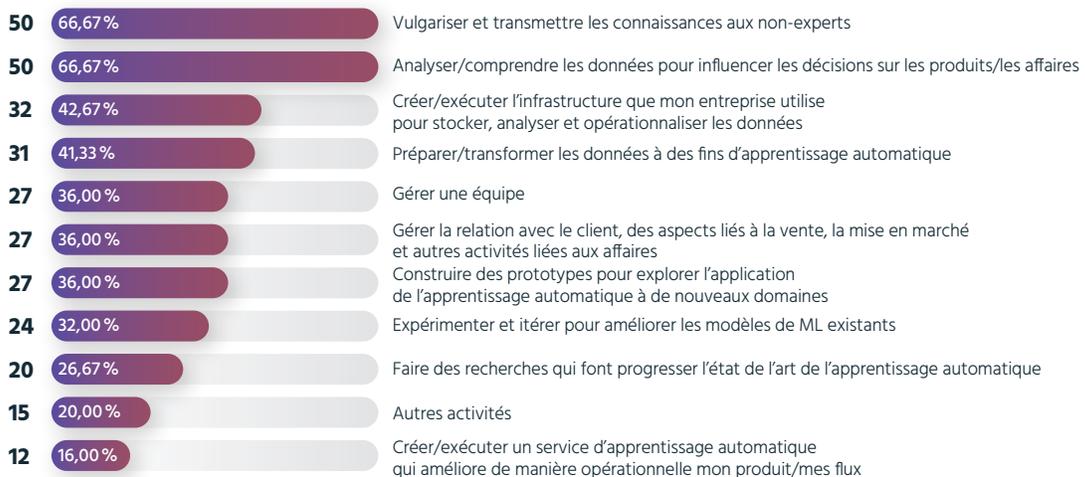


## Codes de la classification nationale des professions (CNP) concernés

- 0213** Gestionnaires de système informatique
- 2171** Analystes et consultants/consultantes en informatique
- 2172** Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données
- 2173** Ingénieurs/ingénieures et concepteurs/conceptrices en logiciels
- 2174** Programmeurs/programmeuses et développeurs/développeuses en médias interactifs
- 2175** Concepteurs/conceptrices et développeurs/développeuses Web

## Les activités les plus importantes

Fréquence à laquelle une activité fait partie du top 3 des répondants (en %)

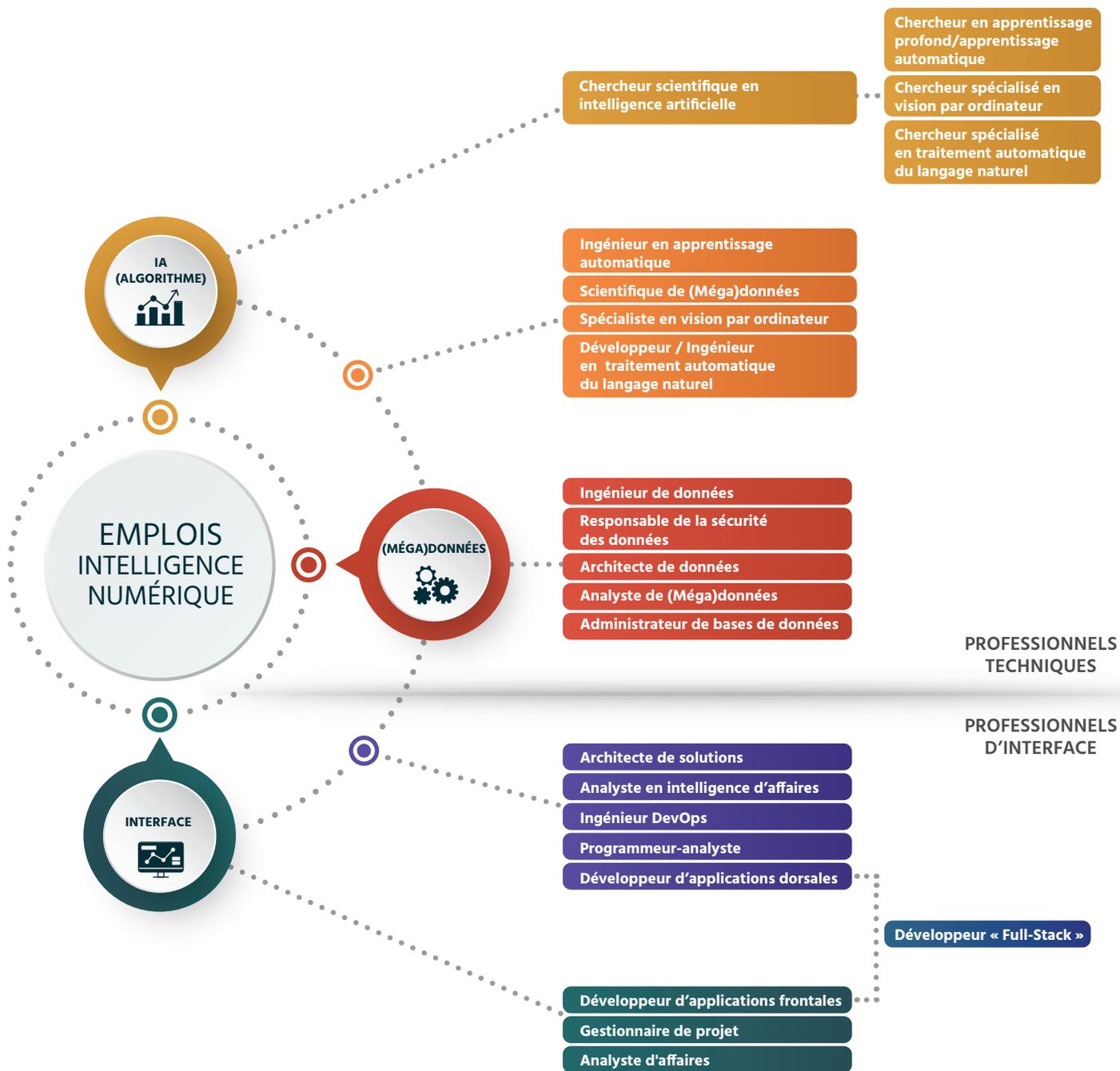






**5**

## **TAXONOMIE DES MÉTIERS DE L'INTELLIGENCE NUMÉRIQUE**



## Note méthodologique

La taxonomie des métiers de l'intelligence numérique et les 19 fiches métiers sous-jacentes ont été générées à partir de :

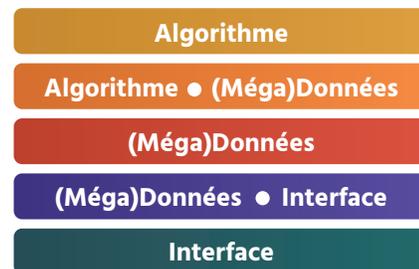
- la codification de la base de données Gartner répertoriant 13 500 annonces d'emploi en ligne parues entre janvier 2016 et octobre 2020 au Québec.<sup>5</sup>
- l'analyse qualitative des entrevues menées auprès d'experts de l'industrie de l'IA au Québec.
- l'analyse statistique d'un sondage (n=75) réalisé auprès de professionnels occupant un emploi relié à l'IA, aux mégadonnées ou à la science des données au Québec.

Les profils d'emploi ont été classifiés en fonction de leurs appellations, des tâches et responsabilités requises, des compétences et formations demandées, ainsi que du profil de l'organisation. La première phase de codification de la base de données Gartner a mené à l'extraction de 1457 emplois en lien avec l'intelligence artificielle, les mégadonnées et la science des données. Nous avons classifié ces emplois selon deux grandes branches :

- Les professionnels techniques de l'intelligence numérique, exerçant des tâches et possédant des compétences en lien direct avec la partie technique de l'IA et des (méga) données.
- Les professionnels d'interface, qui ont une compréhension générale de l'IA et de ses applications, et qui traitent avec les (méga)données de manière plus opérationnelle. Ces professionnels ont une excellente compréhension du contexte organisationnel et des enjeux d'affaires. Ils sont ainsi les mieux placés pour arrimer les solutions d'IA aux besoins d'affaires et interagissent avec de multiples parties prenantes incluant les clients. Cette catégorie de professionnels comprend donc essentiellement les métiers connexes (dits périphériques) nécessaires à la production d'IA à grande échelle.

Ces métiers sont responsables de la conception de solutions d'IA (recherche, développement et création de la technologie) ainsi que de leur intégration (mise en production de la technologie) dans l'infrastructure organisationnelle.

Il est à noter que le principal objectif de l'étude est de capturer l'ensemble des emplois ayant trait à l'IA, aux mégadonnées et à la science des données. Ces emplois sont référencés selon la taxonomie présentée dans la section précédente et sont donc hiérarchisés selon 5 catégories :



Ces fiches métiers individuelles sont de nature descriptive et ne visent aucunement à classer les emplois selon leur niveau d'importance ou leur potentiel de création de valeur dans l'organisation. À cet effet, certains emplois sont plus directement liés à l'IA, aux mégadonnées et à la science des données, alors que d'autres demeurent plus périphériques. Les facteurs contextuels, situationnels et conjoncturels influenceront très largement la position, la complémentarité et la redondance de ces emplois d'une entreprise à l'autre. De même, les emplois ici décrits sont considérés sur un niveau égal de séniorité. En effet, la présence d'emplois hiérarchiques de gestion ou de direction ne peut être inférée au regard des données disponibles. Tous les emplois ont donc une existence empirique et aucun n'a été catégorisé de manière déductive.

<sup>5</sup> Les annonces d'emplois en ligne proviennent de sites web spécialisés (Jobillico, AllJobs, Jobboom, Neuvoo, Emploi Québec, Monster, CareerBuilder, Hypjobs, VelvetJobs, TalentEgg, ZipRecruiter, ITjobs, IT Job Depot, Jobposting, LocalWork, Rengineeringjobs, Post.JobFree, TipTopJob Group, LesPAC, Recruit.net) et de sites web d'entreprises affichant des postes à pourvoir au Québec.

## Visualisation des sources de données

Codification d'offres d'emploi

Plateforme Gartner

Estimation de Gartner

Plateforme Gartner + codification selon ces terminologies:

**Chercheur scientifique en intelligence artificielle**  
Research Scientist

Fait avancer l'état de la science et des technologies en IA, en apprentissage automatique, en statistiques informatiques et en mathématiques appliquées, pouvant ensuite s'appliquer à divers secteurs et domaines. Est à la base de la création de nouveaux algorithmes. Œuvre essentiellement en recherche fondamentale.

**Tâches**

- Élaborer des théories et concevoir des modèles et des réseaux de neurones de pointe, qui permettront de faire fonctionner les solutions intelligentes qui seront potentiellement à développer.
- Effectuer des recherches en lien avec des données structurées et non structurées (images, vidéo, texte, audio, chiffres, etc.).
- Communiquer les avancées scientifiques, notamment par l'entremise de publications scientifiques et de présentations lors de congrès et conférences.

**Évolution des offres d'emploi**

**Estimation du bassin**

**Compétences clés**

<p><b>TECHNIQUES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Apprentissage automatique</li> <li>Apprentissage profond</li> <li>Traitement automatique du langage naturel</li> <li>Transformateurs (transformers)</li> <li>Apprentissage par renforcement</li> <li>Compréhension du langage naturel</li> </ul>	<p><b>QUALITÉS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Rapidité d'apprentissage</li> <li>Sens de l'innovation</li> <li>Ambition professionnelle</li> <li>Dévouement</li> <li>Inspiration</li> </ul>
<p><b>TRANSVERSALES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Recherche</li> <li>Analyse</li> <li>Expérimentation</li> <li>Résolution de problèmes</li> <li>Présentation de l'information</li> <li>Supervision</li> </ul>	<p><b>CONNAISSANCES</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intelligence artificielle</li> <li>Informatique</li> <li>Mathématiques</li> <li>Ingénierie</li> <li>Algorithmique</li> </ul>

LÉGENDE 23 Pourcentage (%) des offres d'emploi 89

**Catégorie taxonomique**

AI (ALGORITHME) | MEGA DONNÉES | INTERFACE

**CNP**

2171 - Analystes et consultants/consultantes en informatique  
2172 - Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données

**Salaires**

25 <sup>e</sup> percentile	77 328 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	82 444 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	102 222 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - expert	97 409 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - expert	125 216 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - expert	136 389 \$ CA

**Qualifications**

Maîtrise ou Doctorat (PhD) en intelligence artificielle, apprentissage automatique, informatique, statistiques ou mathématiques

**Expérience pertinente moyenne**

Gradué (Expérience pertinente en recherche)

**Appellations d'emploi**

Artificial Intelligence Researcher  
Principal Artificial Intelligence Researcher  
Research Chair Tier Artificial Intelligence  
Complex Health Data II  
Senior Artificial Intelligence Researcher  
Researcher Machine Learning  
Scientific Associate II  
Postdoctoral Fellow  
Post-Doc Researcher  
Visiting Researcher Artificial Intelligence

**EN MENTION**

**CURIOSITÉ**

Mettre à jour régulièrement ses compétences, qui a un savoir développé suffisant pour analyser rapidement une situation sur des données précises.

**COLLABORATION**

Capacité de collaborer activement avec les autres membres de l'équipe de développement afin d'atteindre les objectifs du projet.

**COMMUNICATION**

Capacité à communiquer de l'information et des idées oralement et à se faire comprendre.

Codification d'offres d'emploi

Identification selon les tâches + validation

Enquête de rémunération TECHNOCompétences + projection Gartner lorsqu'indisponible

Codification d'offres d'emploi

Plateforme Gartner

Données recueillies dans les entrevues et la communauté en ligne

### Compétences:

Capacités développées dont une personne a besoin pour effectuer efficacement son travail, son rôle, sa fonction ou sa tâche.

### Qualités personnelles:

Caractéristiques personnelles, le plus souvent issues d'un contexte social, d'antécédents et d'expériences personnelles, pouvant faire une différence sur le rendement au travail.

### Connaissances:

Ensembles organisés d'information servant dans l'exécution des tâches et des activités dans un domaine particulier.



## Chercheur scientifique en intelligence artificielle

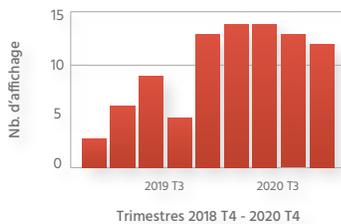
### Research Scientist

Fait avancer l'état de la science et des technologies en IA, en apprentissage automatique, en statistiques informatiques et en mathématiques appliquées, pouvant ensuite s'appliquer à divers secteurs et domaines. Est à la base de la création de nouveaux algorithmes. Œuvre essentiellement en recherche fondamentale.

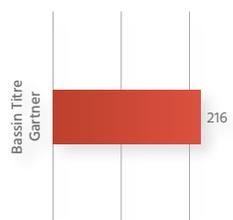
### Tâches

- Élaborer des théories et concevoir des modèles et des réseaux de neurones de pointe, qui permettront de faire fonctionner les solutions intelligentes qui seront potentiellement à développer.
- Effectuer des recherches en lien avec des données structurées et non structurées (images, vidéo, texte, audio, chiffres, etc.).
- Communiquer les avancées scientifiques, notamment par l'entremise de publications scientifiques et de présentations lors de congrès et conférences.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Apprentissage automatique
- Apprentissage profond
- Traitement automatique du langage naturel
- Transformateurs (transformers)
- Apprentissage par renforcement
- Compréhension du langage naturel

#### TRANSVERSALES

- Recherche
- Analyse
- Expérimentation
- Résolution de problèmes
- Présentation de l'information
- Supervision

#### QUALITÉS

- Rapidité d'apprentissage
- Sens de l'innovation
- Ambition professionnelle
- Dévouement
- Inspiration

#### CONNAISSANCES

- Intelligence artificielle
- Informatique
- Mathématiques
- Ingénierie
- Algorithmique



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 - Analystes et consultants/consultantes en informatique

2172 - Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	77 328 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	82 444 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	102 222 \$ CA
Moyenne principale	122 996 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - expert	97 409 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - expert	125 216 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - expert	136 389 \$ CA

### Qualifications

Maîtrise ou Doctorat (PhD) en intelligence artificielle, apprentissage automatique, informatique, statistiques ou mathématiques

### Expérience pertinente moyenne

Diplômé (Expérience pertinente en recherche)

### Appellations d'emploi

Artificial Intelligence Researcher  
Principal Artificial Intelligence Researcher  
Research Chair Tier Artificial Intelligence  
Complex Health Data II  
Senior Artificial Intelligence Researcher  
Researcher Machine Learning  
Scientific Associate II  
Postdoctoral Fellow  
Post Doc Researcher  
Visiting Researcher Artificial Intelligence  
Specialist Applied Research Computer  
Vision Artificial Intelligence

### EN MENTION

#### CURIOSITÉ

Mettre à jour régulièrement ses compétences, posséder un savoir développé suffisant pour analyser rapidement une situation sur des données précises.

#### COLLABORATION

Capacité à collaborer activement avec les autres membres de l'équipe de développement afin d'atteindre les objectifs du projet.

#### COMMUNICATION

Capacité à communiquer de l'information et des idées oralement et à se faire comprendre.



## Ingénieur en apprentissage automatique

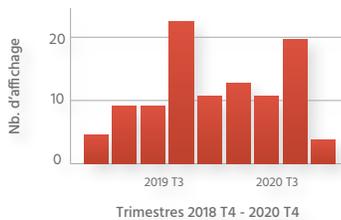
### Machine Learning Engineer

Expert dans la conception de systèmes, de produits et de solutions d'implantation d'apprentissage machine et/ou d'apprentissage profond. Il intègre les différentes composantes des algorithmes et met le code en production afin d'assurer la transition entre prototypage et génération de la solution finale.

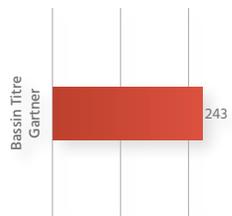
### Tâches

- Collaborer de façon stratégique aux besoins d'affaires en faisant le pont entre les dernières avancées technologiques et la pratique.
- Contribuer aux algorithmes conçus par les scientifiques de données en intégrant leurs propres codes.
- Expérimenter et itérer pour améliorer les modèles de ML existants.
- Mesurer et optimiser la qualité des algorithmes et des modèles déployés.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Apprentissage automatique
- Apprentissage profond
- Méthodologie Agile
- Mise en production
- Analytique
- Données massives

#### QUALITÉS

- Rapidité d'apprentissage
- Sens de l'innovation
- Passion
- Dévouement
- Créativité

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Recherche
- Opérations
- Leadership
- Axé sur les données (data-driven)
- Expérimentation

#### CONNAISSANCES

- Intelligence artificielle
- Ingénierie d'apprentissage automatique
- Algorithmique
- Ingénierie
- Informatique



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique

2172 - Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	79 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	81 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	83 000 \$ CA

### Qualifications

Baccalauréat ou maîtrise en informatique

**Expérience pertinente moyenne**  
3 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Machine Learning Engineer  
Artificial Intelligence Developer  
Developer Machine Learning  
Senior Machine Learning Engineer  
Artificial Intelligence Programmer  
Artificial Intelligence Analyst  
Stack Artificial Intelligence Developer  
Machine Learning Specialist  
Data Engineer Artificial Intelligence  
Machine Learning  
Applied Machine Learning Engineer

### EN MENTION

#### CURIOSITÉ

Mettre à jour régulièrement ses compétences, qui a un savoir développé suffisant pour analyser rapidement une situation sur des données précises

#### COMMUNICATION

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire

#### COORDINATION

Adapter ses actions par rapport aux actions des autres.



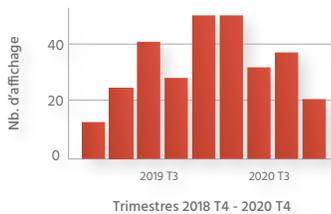
## Scientifique de (méga)données Data Scientist

Contribue à la conception des principaux algorithmes et modèles qui propulsent la solution IA à développer. Expert dans l'analyse de grandes quantités de données structurées et non structurées. Œuvre généralement au niveau de la recherche appliquée.

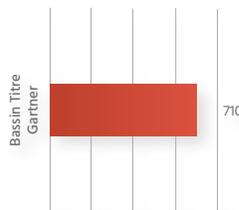
### Tâches

- Concevoir et développer de nouveaux algorithmes, alignés avec les dernières tendances de l'industrie.
- Créer des bases de données, traiter, nettoyer et transformer les données afin d'extraire et analyser les « insights » pertinents pour les produits ou les affaires.
- Utiliser des outils de visualisation des données et vulgariser les résultats à différentes parties prenantes.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Apprentissage automatique
- Analytique
- Données massives
- Bases de données
- Modélisation
- Jeux de données (data sets)

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Recherche
- Leadership
- Opérations
- Résolution de problèmes
- Expérimentation

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Rapidité d'apprentissage
- Passion
- Dévouement
- Créativité

#### CONNAISSANCES

- Science des données
- Mathématiques
- Statistiques
- Informatique
- Intelligence artificielle



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique

2172 - Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	63 457 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	73 250 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	88 697 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - principal	89 457 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - principal	91 625 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - principal	105 774 \$ CA

### Qualifications

Maîtrise ou doctorat (PhD) en statistique, mathématiques ou informatique

### Expérience pertinente moyenne

3 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Data Scientist  
Senior Data Scientist  
Data Developer  
Intern Data Scientist  
Data Scientist Engineer  
Data Science Intern  
Data Scientist Senior MARKETING Analyst  
Data Scientist Programmer  
Data Science Engineer  
Senior Advisor Data Science

### EN MENTION

#### COORDINATION

Adapter ses actions par rapport aux actions des autres

#### COMMUNICATION

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire

#### CURIOSITÉ

Mettre à jour régulièrement ses compétences, qui a un savoir développé suffisant pour analyser rapidement une situation sur des données précises



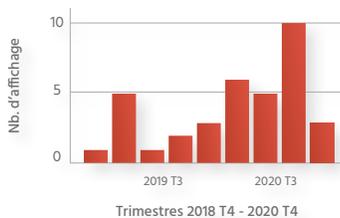
## Spécialiste en vision par ordinateur Computer Vision Specialist

Professionnel spécialisé dans les solutions qui permettent aux machines de traiter et d'analyser des images et des vidéos, pour ainsi agir de façon intelligente et résoudre des problèmes.

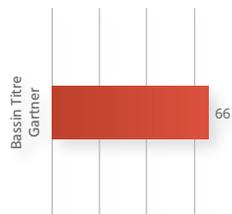
### Tâches

- Proposer, développer, tester, évaluer et fournir des preuves de concept et des prototypes d'amélioration ou de nouveaux produits et solutions intelligentes.
- Développer, tester et intégrer des algorithmes avancés en vision artificielle.
- Collaborer de façon étroite avec les équipes d'ingénierie.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Vision par ordinateur
- Développement logiciel
- Apprentissage automatique
- Traitement des images
- Apprentissage profond
- Capacité de test

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Passion
- Rapidité d'apprentissage
- Créativité
- Souci du travail bien fait

#### TRANSVERSALES

- Recherche
- Analyse
- Coordination
- Rétroaction
- Esprit d'équipe
- Expérimentation

#### CONNAISSANCES

- Ingénierie
- Algorithmique
- Informatique
- Mathématiques
- Intelligence artificielle



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique  
2172 - Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données

### Salaires

Moyenne 80 000 \$ CA

### Qualifications

Maîtrise ou doctorat (PhD) en informatique – Spécialisation en vision par ordinateur ou apprentissage automatique

### Expérience pertinente moyenne

Diplômé

### Appellations d'emploi

Software Developer C# Manufacturing Application  
Senior Computer Vision Developer  
Research Internal Image Understanding  
Computer Vision Specialist  
Computer Vision Engineer  
Vision Engineer Research  
Specialist Applied Research Computer Vision Artificial Intelligence  
Senior Data Scientist Computer Vision  
Senior C++ Developer Computer Vision  
Imaging Scientist

### EN MENTION

#### COLLABORATION

Capacité de collaborer activement avec les autres membres de l'équipe de développement afin d'atteindre les objectifs du projet

#### COMMUNICATION EFFICACE

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire

#### COORDINATION

Adapter ses actions par rapport aux actions des autres



## Développeur / Ingénieur en traitement automatique du langage naturel

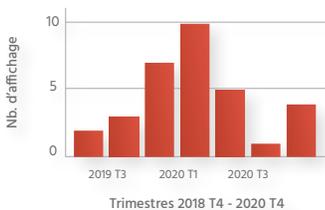
NLP Developer/Engineer

Professionnel spécialisé dans les solutions qui permettent aux machines de traiter et d'analyser des informations linguistiques, pour ainsi répondre à des besoins de façon intelligente.

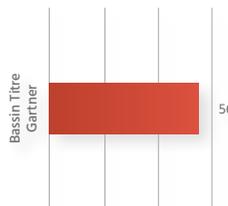
### Tâches

- Proposer, développer, tester, évaluer et fournir des preuves de concept et des prototypes d'amélioration ou de nouveaux produits et solutions intelligentes.
- Développer, tester et intégrer des algorithmes avancés, reliés notamment aux mots, textes, sons, langues, accents, discours, etc.
- Collaborer de façon étroite avec les équipes d'ingénierie.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Traitement automatique du langage naturel
- Apprentissage automatique
- Apprentissage profond
- Apprentissage par renforcement
- Traitement informatique
- Extraction d'information

#### TRANSVERSALES

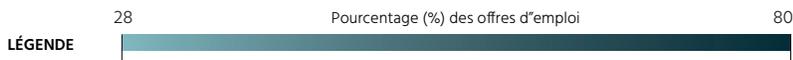
- Recherche
- Analyse
- Classification
- Organisation
- Présentation de l'information
- Adaptation

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Rapidité d'apprentissage
- Adaptation
- Ambition professionnelle
- Inspiration

#### CONNAISSANCES

- Intelligence artificielle
- Science des données
- Informatique
- Mathématiques
- Ingénierie



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique

2172 - Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données

### Salaires

Moyenne 88 000 \$ CA

### Qualifications

Maîtrise ou doctorat (PhD) en informatique – Spécialisation en traitement automatique du langage naturel ou apprentissage automatique

### Expérience pertinente moyenne

Minimum 3 ans

### Appellations d'emploi

Research Trainee Understanding Machines Intern  
Senior Data Scientist NLP  
Research Trainee Robust Machine Understanding NLP  
Natural Language Processing Specialist  
Data Science NLP Specialist  
Trainee Deep Learning NLP  
Senior Scientist NLU Research  
Senior NLP Research Engineer Multilingual  
Senior NLP Research Engineer Language Model Text Generation  
Senior NLP Engineer NER Relationship Extraction

### EN MENTION

#### ORGANISATION

Capacité à structurer des choses ou des actions selon un certain ordre ou modèle en appliquant une règle ou un ensemble de règles

#### PORTÉ SUR LES DÉTAILS

Capacité à établir rapidement et correctement des similitudes et des différences entre des ensembles informationnels (textuels, vocaux, sémantiques)

#### CLASSIFICATION

Capacité à générer ou à utiliser différents ensembles de règles afin de combiner ou de regrouper des éléments de différentes manières



## Ingénieur de données

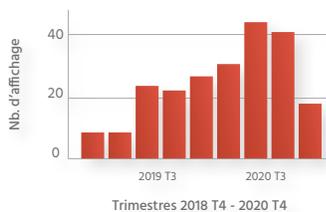
### Data Engineer

Professionnel considéré comme ressource de première ligne dans la programmation des solutions, assurant le bon fonctionnement des codes et algorithmes et la résolution de problèmes techniques.

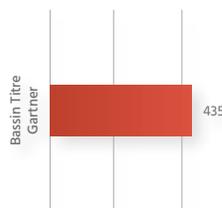
### Tâches

- Mettre en place les infrastructures d'exploitation, optimiser le nettoyage, la circulation, l'extraction et le traitement des données pour plusieurs collaborateurs internes.
- Créer des pipelines de données de bout en bout pour les algorithmes d'apprentissage automatique et aider au développement d'entrepôts de données à des fins de science des données, d'analyses et de production de rapports.
- Fournir des algorithmes qualifiés et d'autres projets de science des données dans des solutions faciles à utiliser pour les entreprises.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Données massives
- Bases de données
- Flux de données (data pipelines)
- Analytique
- Optimisation
- Entrepôt de données

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Recherche
- Résolution de problèmes
- Planification
- Supervision

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Rapidité d'apprentissage
- Dévouement
- Souci du travail bien fait
- Sens des responsabilités

#### CONNAISSANCES

- Ingénierie de données
- Ingénierie
- Informatique
- Science des données
- Architecture



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 – Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	78 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	82 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	91 000 \$ CA

### Qualifications

Baccalauréat ou maîtrise en informatique ou génie Logiciel

### Expérience pertinente moyenne

3 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Data Engineer  
Senior Data Engineer  
Developer Data Engineering  
Data Developer  
Big Data Engineer  
Startups Data Engineer  
Senior Developer Data Engineering  
Senior Developer Data Engineering  
Senior Software Engineer Data  
Senior Engineer Data Infrastructure

### EN MENTION

#### PENSÉE ANALYTIQUE

Déterminer la façon dont une solution devrait fonctionner ainsi que l'incidence sur les résultats de changements dans les conditions, les activités et l'environnement

#### RÉSOLUTION DE PROBLÈMES

Cerner des problèmes complexes et passer en revue l'information s'y rapportant pour établir et évaluer les options possibles et mettre en œuvre des solutions

#### SENS DES RESPONSABILITÉS

Être en mesure de prendre conscience de ses obligations, de respecter les échéanciers, les attentes, les priorités et les objectifs établis



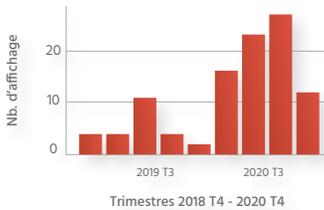
## Responsable de la sécurité des données Data Security Partner

Assure la sécurité, le stockage, la confidentialité, l'intégrité et la disponibilité des données organisationnelles. Certaines grandes organisations intègrent la dimension opérationnelle de cette profession sous la bannière « gouvernance des données », dont l'objectif est de développer et mettre en œuvre des normes et mesures réglementaires de gestion des données.

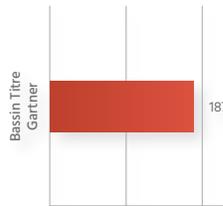
### Tâches

- Effectuer des audits internes et externes liés à la sécurité des données organisationnelles.
- Créer et maintenir une bonne adhésion des parties prenantes par rapport aux politiques, procédures, guides techniques et standards de contrôle liés à la sécurité des données.
- Évaluer, conceptualiser, développer, déployer, tester et assurer une bonne transition des solutions, des processus et des outils liés à la sécurité des données.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Implémentation
- Surveillance (monitoring)
- Intégration
- Automatisation
- Capacité de test
- Analytiques

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Sens stratégique
- Capacité à établir et maintenir des relations interpersonnelles
- Résolution de problèmes
- Opérations
- Leadership

#### QUALITÉS

- Conformité
- Sens de l'innovation
- Rigueur
- Dévouement
- Discretion

#### CONNAISSANCES

- Sécurité
- Architecture
- Gouvernance
- Ingénierie
- Infrastructure



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	85 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	97 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	114 000 \$ CA

### Qualifications

Baccalauréat ou maîtrise en informatique

### Expérience pertinente moyenne

5 à 7 ans

### Appellations d'emploi

Security Engineer Data Protection  
Windows Endpoint Infrastructure Security Engineer  
Data Governance Analyst  
Team Leader Data Sector Unit Governance  
Senior Advisor Data Management Specialist  
Data Security Senior Professional  
Data Governance Specialist  
Data Governance Manager  
Advisor Data Governance  
Solution Architect Data Protection Tokenization

### EN MENTION

#### RESPECT DES NORMES ET RÈGLEMENTS

Agir en conformité avec les comportements attendus

#### SENS STRATÉGIQUE

Se montrer capable de projeter les actions et les décisions dans le futur afin de faire les meilleurs choix

#### RIGUEUR

Faire preuve d'exactitude, de logique et de précision



## Architecte de données

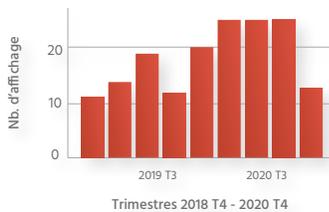
### Data Architect

Expert dans la gestion des données, notamment en ce qui a trait aux outils d'entreposage, de sémantique, de modélisation et de gestion des flux de métadonnées.

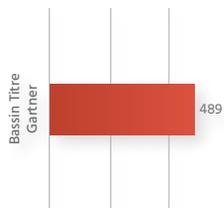
### Tâches

- Coordonner l'élaboration de l'architecture de données des solutions: entrepôt, intégration des systèmes, catalogues de données, modélisation, référentiels, exigences de qualité, etc.
- Coopérer avec diverses parties prenantes afin d'améliorer le fonctionnement des systèmes de gestion du cycle de vie, du chargement optimal, de l'extraction et du traitement des données.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Intégration
- Méthodologie Agile
- Bases de données
- Interface de programmation (API)
- Microservices
- Architecture de données

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Passion
- Respect
- Dévouement
- Conformité

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Leadership
- Coordination
- Capacité à influencer et à mobiliser
- Bilinguisme
- Opérations

#### CONNAISSANCES

- Architecture
- Informatique
- Ingénierie
- Sécurité
- Infrastructure



### Catégorie taxonomique



### CNP

2172 - Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	88 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	98 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	101 000 \$ CA

### Qualifications

Baccalauréat en informatique, génie ou TI

### Expérience pertinente moyenne

5 à 10 ans

### Appellations d'emploi

Data Architect  
Senior Software Architect  
Senior Data Architect  
Senior Architect  
Cloud Architect  
Solution Architect Data Architect  
Big Data Architect  
Information Technology Architect  
Technology Solutions Delivery  
Data Domain Architect  
Data Architect Information Systems

### EN MENTION

#### COMMUNICATION

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire

#### COLLABORATION

Capacité de collaborer activement avec les autres membres de l'équipe de développement afin d'atteindre les objectifs du projet

#### COORDINATION

Adapter ses actions par rapport aux actions des autres



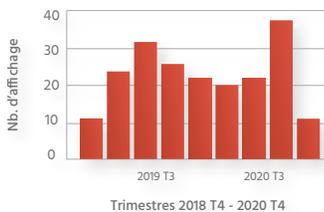
## Analyste de (méga)données (Big) Data analyst

Extrait, compile, analyse et interprète les données brutes (non structurées et non classifiées) de sources et volumes multiples, sur la base des objectifs décidés en équipe de travail.

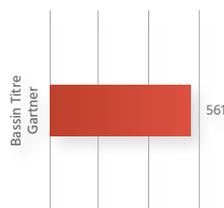
### Tâches

- Collecter, traiter, analyser et transmettre les données aux différentes parties prenantes.
- Documenter, classer, stocker, rendre accéder et éliminer les données liées aux différents systèmes et processus informatiques.
- Utiliser des techniques de mégadonnées pour segmenter les importants volumes de données.
- Effectuer des analyses d'impact des changements proposés, évaluer les répercussions potentielles sur les données et les applications et informer efficacement la clientèle concernée des risques et des répercussions possibles.
- Maintenir et améliorer en continu la qualité des données.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Analyse de données
- Analytique
- Données massives
- Tableaux de bord
- Méthodologie Agile
- Visualisation

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Opérations
- Résolution de problèmes
- Recherche
- Supervision
- Planification

#### QUALITÉS

- Rapidité d'apprentissage
- Sens de l'innovation
- Passion
- Dévouement
- Autonomie

#### CONNAISSANCES

- Mathématiques
- Marketing
- Statistiques
- Informatique
- Ingénierie



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	58 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	68 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	73 000 \$ CA

### Qualifications

DEC en informatique ou TI, ou baccalauréat en informatique, statistique, ingénierie ou mathématiques

**Expérience pertinente moyenne**  
2 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Data Analyst  
Senior Data Analyst  
Associate Data Analyst

### EN MENTION

#### CURIOSITÉ

Mettre à jour régulièrement ses compétences, qui a un savoir développé suffisant pour analyser rapidement une situation sur des données précises

#### PENSÉE ANALYTIQUE

Déterminer la façon dont une solution devrait fonctionner ainsi que l'incidence sur les résultats de changements dans les conditions, les activités et l'environnement

#### COMMUNICATION EFFICACE

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire



## Administrateur de bases de données

### Database administrator

Responsable de l'administration et du bon fonctionnement des systèmes de gestion des bases de données. Assure l'efficacité informatique en garantissant la sécurité, la stabilité, la disponibilité et la performance des serveurs de bases de données.

### Catégorie taxonomique



### CNP

2172 - Analystes de bases de données et administrateurs/administratrices de données

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile - niveau II	65 364 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau II	69 943 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau II	79 018 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - niveau III	82 062 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau III	87 901 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau III	96 561 \$ CA

### Qualifications

DEC ou baccalauréat en informatique ou TI

### Expérience pertinente moyenne

0 à 2 ans (avec un baccalauréat)  
ou 3 à 10 ans (avec un DEC)

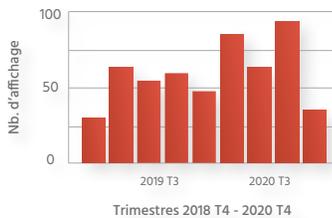
### Appellations d'emploi

Database Administrator  
Database Analyst  
Database Administrator Oracle EBS Senior Level  
Oracle Ebs Database Administrator  
Oracle Database Administrator  
Sql Database Administrator  
Senior Database Administrator  
Information Technology  
Database Modeler  
Sql DbA

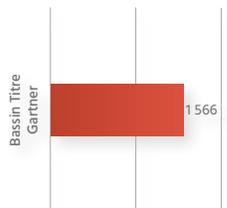
### Tâches

- Assurer la maintenance et la performance des systèmes et des serveurs.
- Effectuer des opérations de sauvegarde, de récupération, de gestion de la sécurité, de contrôle de l'utilisation et de tests de validation.
- Effectuer l'analyse, la documentation et le suivi des incidents et problématiques techniques liés aux systèmes.
- Offrir un soutien technique aux utilisateurs (internes et externes) des bases de données.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Bases de données
- Serveurs
- Administration de bases de données
- Surveillance (monitoring)
- Sauvegarde (backups)
- Configuration

#### QUALITÉS

- Rigueur
- Disponibilité
- Dévouement
- Capacité à travailler sous pression
- Souci du travail bien fait

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Planification
- Opérations
- Leadership
- Coordination
- Supervision

#### CONNAISSANCES

- Architecture
- Sécurité
- Technologies de l'information
- Infrastructure
- Informatique

### EN MENTION

#### CAPACITÉ À TRAVAILLER SOUS PRESSION

Conserver son calme et sa concentration dans des contextes où les responsabilités sont importantes

#### PENSÉE ANALYTIQUE

Déterminer la façon dont une solution devrait fonctionner ainsi que l'incidence sur les résultats de changements dans les conditions, les activités et l'environnement

#### RIGUEUR

Faire preuve d'exactitude, de logique et de précision





## Architecte de solutions

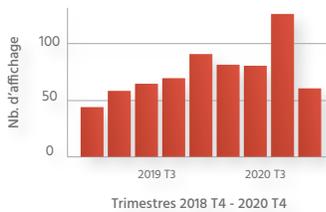
### Solutions Architect

Coordonne la phase d'intégration de la solution d'IA au sein de l'infrastructure, qu'il s'agisse d'une application mobile, d'un site Web ou d'une plateforme interne. Oriente le design architectural de façon à ce que les aspects techniques de la solution d'IA répondent adéquatement aux problèmes d'affaires et soient alignés avec les valeurs et impératifs de l'organisation.

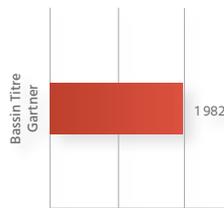
### Tâches

- Définir les besoins technologiques et recommander l'approche technique d'intégration de la solution d'IA.
- Agir à titre de vulgarisateur et de conseiller stratégique envers les leaders/équipes internes et les clients afin de favoriser l'alignement des solutions et besoins d'affaires.
- Accompagner et faciliter l'implantation, le développement et l'évolution des solutions technologiques.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Méthodologie Agile
- Architecture de solutions
- Interface de programmation (API)
- Intégration
- Virtualisation
- Plateforme en tant que service (PaaS)

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Autonomie
- Souci du travail bien fait
- Dévouement
- Passion

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Leadership
- Capacité à influencer et à mobiliser
- Encadrement
- Coordination
- Planification

#### CONNAISSANCES

- Architecture
- Infrastructure
- Sécurité
- Technologies de l'information
- Ingénierie



### Catégorie taxonomique



### CNP

2173 - Ingénieurs/ingénieures et concepteurs/conceptrices en logiciel

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	88 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	101 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	114 000 \$ CA

### Qualifications

Baccalauréat ou maîtrise en Informatique avec spécialisation souhaitée en IA

**Expérience pertinente moyenne**  
3 à 10 ans

### Appellations d'emploi

Solution Architect  
Business Architect  
Technology Architect  
Solutions Architect  
Application Architect  
Information Technology Architect  
Senior Solution Architect  
Information Technology Solutions Architect  
Information Technology Solution Architect  
Infrastructure Solution Architect

### EN MENTION

#### COMMUNICATION EFFICACE

Capacité à communiquer de l'information et des idées oralement et à se faire comprendre

#### AUTONOMIE

Démontrer une capacité et une volonté d'entreprendre des actions par soi-même

#### COORDINATION

Adapter ses actions par rapport aux actions des autres



## Analyste en intelligence d'affaires

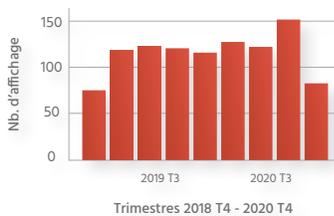
### Business Intelligence Analyst

Participe à la modélisation, l'évaluation et la visualisation des données permettant le développement et la mise en œuvre de solutions analytiques d'intelligence d'affaires. Il contribue également au design d'architecture, à l'intégration et à la cartographie des données par l'élaboration de tableaux de bord visant à optimiser la prise de décisions et ses implications commerciales.

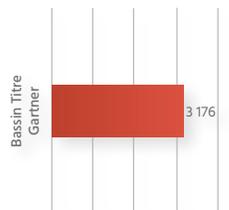
### Tâches

- Effectuer la modélisation et le mappage des données afin de les transformer en connaissances/ insights.
- Utiliser la modélisation prédictive pour accroître et optimiser les résultats commerciaux.
- Déterminer et documenter les besoins d'affaires afin d'offrir du conseil sur l'intégration des données aux clients internes et externes.
- Assurer la qualité, précision, fiabilité et cohérence des données afin de les rendre facilement accessibles par les parties prenantes.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Analyse d'affaires
- Intelligence d'affaires
- Méthodologie Agile
- Analytique
- Tableaux de bord
- Serveurs

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Planification
- Esprit d'équipe
- Leadership
- Résolution de problèmes
- Opérations

#### QUALITÉS

- Rapidité d'apprentissage
- Sens de l'innovation
- Dévouement
- Passion
- Capacité à travailler sous pression

#### CONNAISSANCES

- Architecture
- Finance
- Marketing
- Mathématiques
- Ingénierie



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile - niveau I	51 598 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau I	60 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau I	60 988 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - niveau II	63 250 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau II	69 502 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau II	74 388 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - niveau III	76 322 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau III	91 380 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau III	105 479 \$ CA

### Qualifications

Baccalauréat en informatique ou administration des affaires

### Expérience pertinente moyenne

3 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Business Intelligence Analyst  
Bi Developer  
Logistics Analyst  
Business Intelligence Developer  
Business Intelligence Bi Analyst  
Advisor Business Intelligence  
Bi Data Analyst  
Business Intelligence Bi Programmer Analyst  
Business Intelligence Data Analyst  
Accounting Analyst Management Financial Information

### EN MENTION

#### CAPACITÉ À TRAVAILLER SOUS PRESSION

Conserver son calme et sa concentration dans des contextes où les responsabilités sont importantes

#### COMMUNICATION EFFICACE

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire

#### TRAVAIL EN ÉQUIPE

Agir en coopération avec les autres pour accomplir une tâche commune



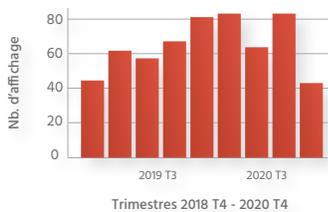
## Ingénieur DevOps DevOps Engineer

Travaille au niveau de l'infrastructure en paramétrant et en garantissant l'intégrité des serveurs, et au niveau du développement en contrôlant la programmation nécessaire à l'exploitation des produits d'IA.

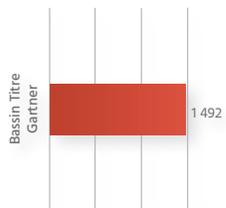
### Tâches

- Assurer la qualité, l'exactitude et l'automatisation des cycles de développement et de tests en priorisant la disponibilité, la performance, la sécurité et la conformité du service.
- Piloter les évaluations architecturales et les preuves de concept en lien avec la solution d'IA et sa plateforme.
- Participer aux tests de fonctionnalité, d'opérabilité, de déploiement et de performance pour les changements d'applications/plateformes ou d'infrastructures.
- Soutenir l'équipe de développement dans la gestion du code et la résolution des problèmes techniques.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- DevOps
- Automatisation
- Mise en production
- Surveillance (monitoring)
- Méthodologie Agile
- Configuration

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Passion
- Dévouement
- Sens des responsabilités
- Créativité

#### TRANSVERSALES

- Esprit d'équipe
- Analyse
- Opérations
- Capacité à établir et maintenir des relations interpersonnelles
- Résolution de problèmes
- Bilinguisme

#### CONNAISSANCES

- Infrastructure
- Ingénierie
- Architecture
- Sécurité
- Informatique



### Catégorie taxonomique



### CNP

2173 - Ingénieurs/ingénieures et concepteurs/conceptrices en logiciel

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	72 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	79 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	86 000 \$ CA

### Qualifications

Baccalauréat en Informatique

### Expérience pertinente moyenne

3 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Devops Engineer  
Devops Specialist  
Development Operations  
Devops Developer  
Integrator Devops  
Senior Devops Engineer  
Senior Devops Developer  
Devops  
DevOps Analyst  
Devops Engineer SITE Reliability Engineer

### EN MENTION

#### CAPACITÉ À ÉTABLIR ET MAINTENIR DES RELATIONS INTERPERSONNELLES

Entrer en contact avec les autres et entretenir des relations de confiance mutuelle

#### SENS DES RESPONSABILITÉS

Être en mesure de prendre conscience de ses obligations, de respecter les échéanciers, les attentes, les priorités et les objectifs établis

#### TRAVAIL EN ÉQUIPE

Agir en coopération avec les autres pour accomplir une tâche commune



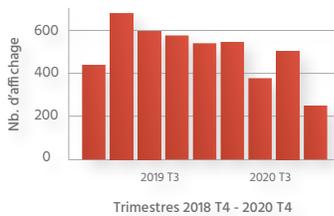
## Programmeur-analyste Programmer-Analyst

Effectue la programmation de modules et/ou fonctionnalités algorithmiques afin de développer des solutions logicielles utilisant l'IA. Propose et développe de nouvelles méthodes et techniques pour améliorer la qualité de l'IA en accord avec la conception de la solution.

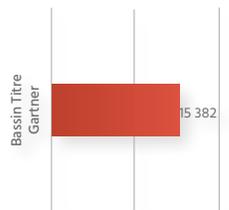
### Tâches

- Concevoir, analyser, adapter et réviser les algorithmes de programmation et le code selon les standards établis.
- Concevoir, élaborer et implanter des modèles de données et des infrastructures de gestion de base de données.
- Planifier les activités reliées à la réalisation d'un projet de développement informatique (analyse fonctionnelle et technique, programmation, tests unitaires et intégrés).
- Assister les collaborateurs d'affaires en vulgarisant les impératifs et procédures techniques requis au déploiement de la solution d'IA.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Méthodologie Agile
- Développement logiciel
- Serveurs
- Interface de programmation (API)
- Méthodologie Scrum
- Capacité de test

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Passion
- Souci du travail bien fait
- Dévouement
- Respect

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Résolution de problèmes
- Leadership
- Supervision
- Bilinguisme
- Rétroaction

#### CONNAISSANCES

- Architecture
- Informatique
- Ingénierie
- Infrastructure
- Génie logiciel



### Catégorie taxonomique



### CNP

2174 - Programmeurs/programmeuses et développeurs/développeuses en médias interactifs

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile - niveau I	49 805 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau I	56 148 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau I	60 572 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - niveau II	63 232 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau II	70 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau II	77 033 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - niveau III	76 241 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau III	83 088 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau III	91 643 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - expert	87 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - expert	96 250 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - expert	110 000 \$ CA

### Qualifications

DEC ou baccalauréat en informatique ou en TI. Un profil atypique (formation « bootcamp », projets) peut mener à un poste d'entrée.

**Expérience pertinente moyenne**  
1 à 3 ans

### Appellations d'emploi

Programmer Analyst  
Software Developer  
Java Developer  
Programmer  
Senior Software Developer  
Developer  
Senior Java Developer  
.net Developer  
.net Programmer Analyst  
Python Developer

### EN MENTION

#### COMMUNICATION EFFICACE

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire

#### CURIOSITÉ

Mettre à jour régulièrement ses compétences, qui a un savoir développé suffisant pour analyser rapidement une situation sur des données précises

#### RIGUEUR

Faire preuve d'exactitude, de logique et de précision



## Développeur d'applications dorsales

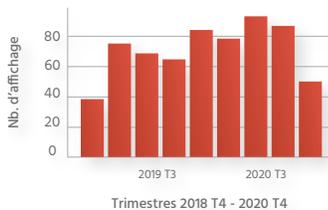
### Back-End Developer

Responsable de l'architecture, du développement, de la mise à l'essai, du déploiement et de l'entretien de solutions d'IA, logicielles et/ou infonuagiques.

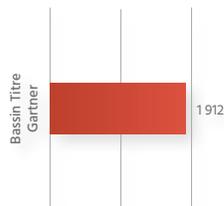
### Tâches

- Choisir les meilleurs algorithmes et modèles de données pour implanter les fonctionnalités de la solution d'IA.
- Participer au cycle de vie du développement de logiciels IA (design, examen des codes, tests unitaires et d'intégration, déploiement et assurance qualité).
- Développer l'infrastructure interne pour tester et entraîner des modèles d'apprentissage machine
- Accélérer la performance de la réponse aux requêtes des utilisateurs de la solution d'IA.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Interface de programmation (API)
- Méthodologie Agile
- Microservices
- Bases de données
- Méthodologie Scrum
- DevOps

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Passion
- Dévouement
- Souci du travail bien fait
- Rigueur

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Esprit d'équipe
- Résolution de problèmes
- Rétroaction
- Opérations
- Bilinguisme

#### CONNAISSANCES

- Architecture
- Infrastructure
- Informatique
- Ingénierie
- Sécurité



### Catégorie taxonomique



### CNP

2174 - Programmeurs/programmeuses et développeurs/développeuses en médias interactifs

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	62 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	74 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	81 000 \$ CA

### Qualifications

DEC ou baccalauréat en informatique ou en TI. Un profil atypique (formation « bootcamp », projets) peut mener à un poste d'entrée

### Expérience pertinente moyenne

3 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Back End Developer  
 Php Developer  
 Backend Developer  
 Software Developer Back End  
 Back End Web Developer  
 Senior Back End Developer  
 Java Developer Back End  
 Senior Backend Developer  
 Software Developer Backend  
 Senior Java Developer Back End

### EN MENTION

#### AUTONOMIE

Démontrer une capacité et une volonté d'entreprendre des actions par soi-même.

#### RIGUEUR

Faire preuve d'exactitude, de logique et de précision

#### TRAVAIL EN ÉQUIPE

Agir en coopération avec les autres pour accomplir une tâche commune



## Développeur « Full-Stack »

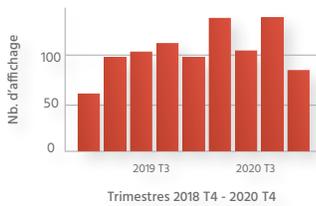
### Full-Stack Developer

Contribue à toutes les phases du développement: «front-end», «back-end», analyse, tests, architecture et entretien de la plateforme et solutions logicielles. Conçoit, développe et gère des applications de gestion de contenu technique en lien avec l'IA (web, mobile ou portail d'entreprise) tout en étant impliqué dans la compréhension des besoins du client.

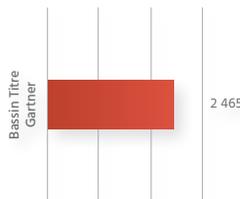
### Tâches

- Travailler sur le «back-end» et les interfaces «front-end» de produits complexes basés sur l'IA.
- Analyser et développer les fonctionnalités techniques des solutions d'IA.
- Développer des essais unitaires et fonctionnels automatisés et gérer les différentes phases de tests.
- Participer au maintien des conditions opérationnelles des solutions implantées (débugage).
- Identifier, corriger et documenter les lacunes informatiques reliées aux applications et logiciels.
- Participer au processus de revue et d'amélioration du code et au design de l'expérience utilisateur.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Cadriciels Full-Stack
- Méthodologie Agile
- Développement Full-Stack
- Interface de programmation (API)
- DevOps
- Bases de données

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Passion
- Dévouement
- Créativité
- Rapidité d'apprentissage

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Bilinguisme
- Résolution de problèmes
- Leadership

#### CONNAISSANCES

- Architecture
- Informatique
- Ingénierie
- Infrastructure
- Génie logiciel



### Catégorie taxonomique



### CNP

2174 - Programmeurs/programmeuses et développeurs/développeuses en médias interactifs  
2175 - Concepteurs/conceptrices et développeurs/développeuses Web

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	75 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	79 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	79 000 \$ CA

### Qualifications

DEC ou baccalauréat en informatique ou en TI.  
Un profil atypique (formation «bootcamp», projets) peut mener à un poste d'entrée.

**Expérience pertinente moyenne**  
3 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Stack Developer  
Stack Web Developer  
Senior Stack Developer  
Fullstack Developer  
Stack .net Developer  
Java Stack Developer  
Fullstack Java Developer  
Stack Software Engineer  
Senior Fullstack Developer  
Stack Developer Intern

### EN MENTION

#### COMMUNICATION EFFICACE

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire

#### AUTONOMIE

Démontrer une capacité et une volonté d'entreprendre des actions par soi-même

#### CRÉATIVITÉ

Se montrer capable d'imaginer et de réaliser quelque chose de nouveau



## Développeur d'applications frontales

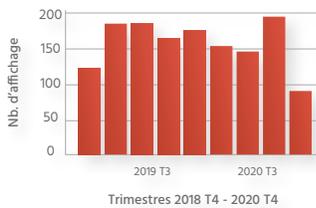
### Front-End Developer

Adopte une approche IA-UX (expérience utilisateur) pour concevoir, mettre en place et implanter des interfaces d'IA conviviales et évolutives utilisées par les clients internes ou externes.

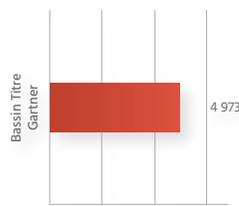
### Tâches

- Conceptualiser, évaluer et réaliser la partie « front-end » (interface/plateforme) de l'application/solution IA.
- Collaborer avec les designers et les concepteurs de solutions d'IA afin d'assurer une architecture robuste.
- Rédiger des codes efficaces et durables et développer des tests unitaires pour garantir les normes de développement des logiciels.
- Maintenir et optimiser l'interface d'IA.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Méthodologie Agile
- Développement Front-End
- Interface de programmation (API)
- Méthodologie Scrum
- Développement Web
- Cadriciels

#### TRANSVERSALES

- Capacité à établir et maintenir des relations interpersonnelles
- Leadership
- Bilinguisme
- Rétroaction
- Recherche
- Résolution de problèmes

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Passion
- Souci du travail bien fait
- Créativité
- Dévouement

#### CONNAISSANCES

- Architecture
- Informatique
- Ingénierie
- Marketing
- Sécurité



### Catégorie taxonomique



### CNP

2175 - Concepteurs/conceptrices et développeurs/développeuses Web

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile	79 000 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile	79 000 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile	84 000 \$ CA

### Qualifications

DEC ou baccalauréat en informatique. Un profil atypique (formation « bootcamp », projets) peut mener à un poste d'entrée.

### Expérience pertinente moyenne

3 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Web Developer  
 Front End Developer  
 User Interface Ux Designer  
 Senior Front End Developer  
 Front End Software Developer  
 Front End Web Developer  
 Angular Front End Developer  
 Intermediate Front End Developer  
 Front End Developer React  
 Senior Front End Software Developer

### EN MENTION

#### COMMUNICATION EFFICACE

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire

#### AUTONOMIE

Démontrer une capacité et une volonté d'entreprendre des actions par soi-même

#### CRÉATIVITÉ

Se montrer capable d'imaginer et de réaliser quelque chose de nouveau



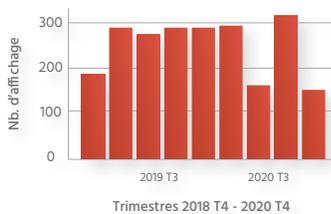
## Gestionnaire de projet Project Manager

Gère les projets de transformations numériques et analytiques, de l'identification des besoins client à la livraison de la solution finale. Assure le suivi post-implantation.

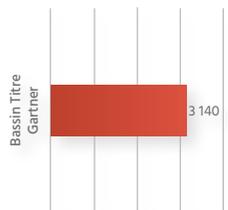
### Tâches

- Assurer un respect des échéanciers, de la feuille de route, des coûts, des normes de qualité et des divers indicateurs clés de performance.
- Gérer les risques et les problématiques qui émergent.
- Maintenir une bonne relation client à toutes les étapes du processus.
- Vulgariser et transmettre les connaissances à diverses parties prenantes.
- De façon agile, coordonner le travail de divers spécialistes impliqués dans le développement et la livraison des solutions.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Méthodologie Agile
- Méthodologie Scrum
- Développement logiciel
- Surveillance (monitoring)
- Sprints
- Méthode Kanban

#### QUALITÉS

- Adaptation
- Respect
- Souci du travail bien fait
- Dévouement
- Passion

#### TRANSVERSALES

- Planification
- Leadership
- Analyse
- Coordination
- Adaptation
- Encadrement

#### CONNAISSANCES

- Gestion de projet
- Infrastructure
- Ingénierie
- Architecture
- Informatique



### Catégorie taxonomique



### CNP

0213 - Gestionnaire de système informatique

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile - niveau I	53 802 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau I	61 188 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau I	69 843 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - niveau II	67 759 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau II	79 169 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau II	84 753 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - niveau III	85 225 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau III	93 712 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau III	102 987 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - expert	102 150 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - expert	110 118 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - expert	115 603 \$ CA

### Qualifications

Baccalauréat ou maîtrise en informatique, génie logiciel ou administration des affaires avec expérience pratique en gestion.

**Expérience pertinente moyenne**  
5 à 10 ans

### Appellations d'emploi

Project Manager  
Information Technology Project Manager  
Scrum Master  
Senior Project Manager  
Project Coordinator  
Software Development Manager  
Web Project Manager  
Project Manager Scrum Master  
Infrastructure Project Manager  
Agile Coach

### EN MENTION

#### COMMUNICATION EFFICACE

Capacité de présenter des idées efficacement en considérant les besoins et les capacités de son auditoire

#### LEADERSHIP

Mobiliser, influencer et conduire les autres dans la réalisation d'un but commun

#### CAPACITÉ D'ADAPTATION

Adopter une attitude positive, confiante et déterminée face aux changements et à l'incertitude



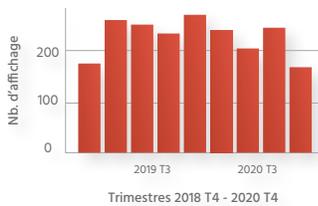
## Analyste d'affaires Business Analyst

Accompagne les équipes de projet et les clients dans l'analyse des besoins d'affaires afin de proposer des solutions numériques et analytiques qui ont une réelle valeur pour les organisations.

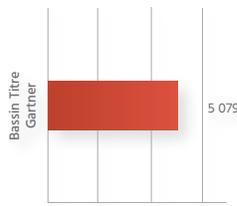
### Tâches

- Collaborer avec les gestionnaires de projet et accompagner les clients afin de définir les besoins et établir une feuille de route pertinente et adaptée aux diverses parties prenantes.
- Déterminer un « business case » pour chaque solution d'IA (analyses coûts/bénéfices).
- Collecter, analyser, synthétiser, documenter, expliquer et communiquer les informations d'affaires aux équipes techniques afin de développer des solutions à valeur ajoutée pour les organisations.
- Effectuer des étalonnages internes et externes pour rester à jour concernant les meilleures pratiques sur le marché.

### Évolution des offres d'emploi



### Estimation du bassin



### Compétences clés

#### TECHNIQUES

- Méthodologie Agile
- Analyse d'affaires
- Méthodologie Scrum
- Capacité de test
- Analyse de besoins
- Indicateurs de performance

#### QUALITÉS

- Sens de l'innovation
- Autonomie
- Adaptation
- Dévouement
- Souci du travail bien fait

#### TRANSVERSALES

- Analyse
- Capacité à influencer et à mobiliser
- Capacité à établir et maintenir des relations interpersonnelles
- Leadership
- Planification
- Coordination

#### CONNAISSANCES

- Finance
- Architecture
- Marketing
- Gestion de projet
- Informatique



### Catégorie taxonomique



### CNP

2171 – Analystes et consultants/consultantes en informatique

### Salaires

25 <sup>e</sup> percentile - niveau II	62 346 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau II	71 262 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau II	77 890 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - niveau III	81 433 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - niveau III	87 210 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - niveau III	95 690 \$ CA
25 <sup>e</sup> percentile - expert	92 854 \$ CA
50 <sup>e</sup> percentile - expert	97 971 \$ CA
75 <sup>e</sup> percentile - expert	105 006 \$ CA

### Qualifications

Baccalauréat en informatique, administration des affaires ou autre domaine connexe avec expérience pratique en consultation.

### Expérience pertinente moyenne

3 à 5 ans

### Appellations d'emploi

Functional Analyst  
Information Technology Business Analyst  
Senior Business Analyst  
Junior Financial Analyst  
Senior Functional Analyst  
Business Process Analyst  
Functional Analyst Information Technology  
Sap Functional Analyst  
Business Systems Analyst  
Business Management Analyst

### EN MENTION

#### CAPACITÉ À DÉVELOPPER ET À MAINTENIR DES RELATIONS D'AFFAIRES

Établir et entretenir un réseau de relations avec plusieurs personnes, liées de près ou de loin avec les activités d'une entreprise

#### NÉGOCIATION

Rallier les autres et s'efforcer de concilier les perspectives différentes

#### AUTONOMIE

Démontrer une capacité et une volonté d'entreprendre des actions par soi-même

## Répartition industrielle de la taxonomie des métiers de l'intelligence numérique

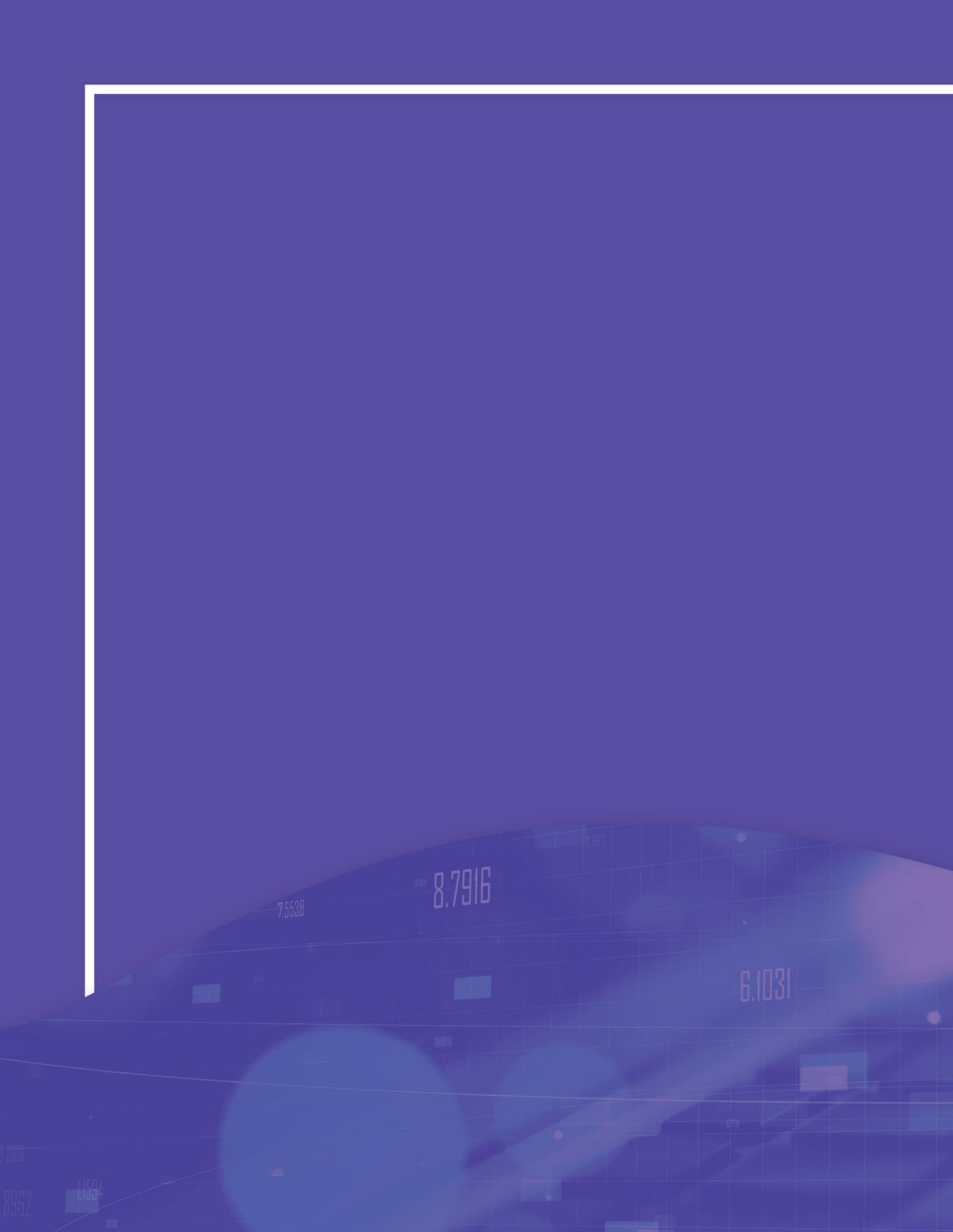
	31-33	44-45	5112	511212	517	5182	5191	52	5413	5415	5416	5417	5617	61	62	91
	Fabrication	Commerce de détail	Industrie de l'information et industrie culturelle *					Finances et assurances	Services professionnels, scientifiques et techniques *				Services relatifs aux bâtiments et aux logements	Services d'enseignement	Soins de santé et assistance sociale	Administrations publiques
Chercheur scientifique en intelligence artificielle			62%		2%	7%				24%				2%		2%
Ingénieur en apprentissage automatique	14%		18%	18%	18%			5%		18%	9%					
Scientifique de (méga)données	12%		12%	17%	17%			17%		7%	7%	10%				
Spécialiste en vision par ordinateur			11%		5%	5%	5%			58%		16%				
Développeur/Ingénieur en traitement automatique du langage naturel			65%		30%					5%						
Ingénieur de données	9%		7%	2%	18%			26%		16%	11%	11%		2%		
Responsable de la sécurité des données	10%				4%			54%		18%	14%					
Architecte de données	4%			4%	11%			32%		29%	21%					
Analyste de (méga)données	6%		8%	23%	13%			33%		8%	10%	3%				
Administrateur de base de données	2%		2%					25%		12%	41%	2%				16%

	31-33	44-45	5112	511212	517	5182	5191	52	5413	5415	5416	5417	5617	61	62	91	
	Fabrication	Commerce de détail	Industrie de l'information et industrie culturelle *					Finances et assurances	Services professionnels, scientifiques et techniques *				Services relatifs aux bâtiments et aux logements	Services d'enseignement	Soins de santé et assistance sociale	Administrations publiques	
Architecte de solutions	4%		4%	2%	11%			31%		22%	22%						3%
Analyste en intelligence d'affaires	6%	2%	10%	5%	18%			18%		13%	23%						4%
Ingénieur DevOps	4%		25%	5%				16%	8%	12%	24%	4%	2%				
Programmeur-analyste	5%	1%	20%	4%	5%			22%		20%	20%		2%				
Développeur d'applications dorsales	4%		32%	13%	6%			7%		28%	11%						
Développeur « Full-Stack »	8%		13%		4%			20%		31%	17%					7%	
Développeur d'applications frontales	2%	6%	28%	4%	2%			6%		31%	20%						
Gestionnaire de projets	11%		14%	3%	5%			12%		33%	20%	1%					2%
Analyste d'affaires	6%	2%	6%	1%	6%			24%		26%	24%						5%

**\* LÉGENDE :**

- 5112 Éditeurs de logiciels
- 511212 Éditeurs de jeux vidéo
- 517 Télécommunications
- 5182 Traitement de données, hébergement de données et services connexes
- 5191 Autres services d'information

- 5413 Architecture, génie et services connexes
- 5415 Conception de systèmes informatiques et services connexes
- 5416 Service de conseils en gestion et de conseils scientifiques et techniques
- 5417 Services de recherche et de développement scientifiques





6

# ÉTAT DE LA DEMANDE DE COMPÉTENCES



### La communauté en ligne : une méthode mixte

L'objectif de la présente section est de dépeindre le profil des compétences des emplois en intelligence numérique, de définir le processus d'embauche adopté par les entreprises pour pourvoir ces postes, d'identifier les besoins en main-d'œuvre à court et long terme et de caractériser les programmes de formation en intelligence numérique.

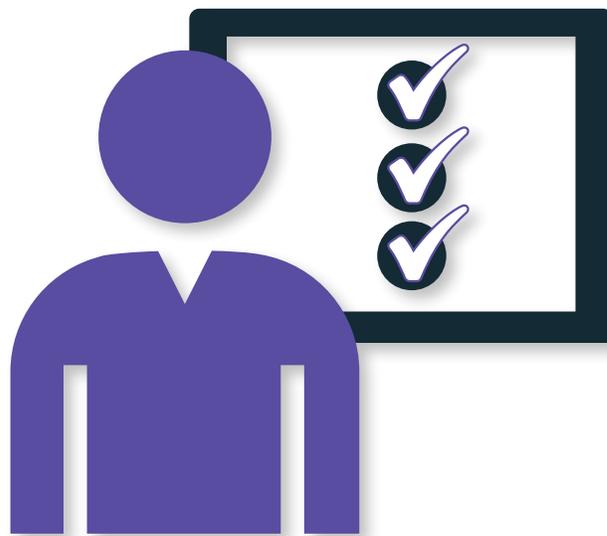
Pour ce faire, nous avons opté pour l'utilisation d'une méthodologie mixte qui reposait sur l'instauration d'une communauté en ligne composée d'experts en intelligence numérique travaillant au Québec. Celle-ci consistait à mettre en relation ces experts par l'intermédiaire d'une plateforme asynchrone qui est restée accessible de juillet à novembre 2020. À travers elle, les experts ont réalisé un ensemble d'activités et ont répondu à des questions de sondage de manière flexible et concertée. Afin de compléter la communauté en ligne, une entrevue téléphonique de suivi a été réalisée avec chacun des experts dans l'optique d'approfondir certains éléments de réponse ayant trait aux compétences en intelligence numérique. Le format et la durée de cette collecte de données ont permis d'obtenir des informations avec un plus grand niveau de détail, de précision et d'engagement des participants.

Enfin, certains éléments de réponse en matière de formation émanent de l'analyse statistique d'un sondage (n=400) réalisé auprès de professionnels travaillant dans une entreprise du secteur des TI au Québec.

Nous rappelons que, comme l'indique la définition donnée précédemment, l'intelligence numérique regroupe les emplois techniques en IA, mégadonnées et science des données ainsi que les emplois périphériques opérant dans « l'interface » de l'entreprise.

### Informations descriptives

Tous les experts interrogés évoluent dans des entreprises œuvrant dans le domaine de l'intelligence numérique.<sup>6</sup> Une partie de la main-d'œuvre de ces entreprises est directement impliquée dans des projets liés à l'intelligence numérique. De surcroît, toutes les entreprises ont procédé à des embauches en intelligence numérique dans les 12 derniers mois. Les experts sont tous impliqués dans le processus de recrutement et d'embauche au sein de leur organisation. La majorité d'entre eux est également responsable de définir les besoins en main-d'œuvre et en formation pour les nouvelles embauches.



<sup>6</sup> Entreprises représentées : centres de recherche en IA, entreprises avec un département en IA, start-ups spécialisées en IA, service-conseil en TI/IA, agences de recrutement.

## Le processus d'embauche en intelligence numérique

Bien que les entreprises dans lesquelles évoluent les experts disposent de processus de recrutement spécifiquement adaptés à leurs activités et secteurs respectifs, nous relevons la présence de méthodes similaires d'attraction des talents visant à pourvoir les postes vacants en intelligence numérique.

- Travailler en partenariat avec les laboratoires universitaires/centres de recherche et participer aux conférences scientifiques pour attirer les meilleurs profils de chercheurs en IA.
- Adopter une approche «réseau de proximité» en mobilisant les contacts personnels, en participant à des foires d'emplois/stages et en s'impliquant dans les universités du Québec. Les experts précisent que le faible nombre de talents locaux pour certains postes permet d'identifier très rapidement les travailleurs les plus performants. Certains mentionnent la possibilité d'ouvrir les postes au Canada ou à l'international bien que les restrictions de déplacement dues à la COVID-19 recentrent les processus de recrutement sur une échelle provinciale.
- Utiliser les médias sociaux et les plateformes de recrutement pour effectuer de la chasse de tête (principalement LinkedIn Recruiter).
- Afficher les emplois en ligne de manière classique sur des sites web spécialisés (Monster, Jobboom, Indeed, LinkedIn, etc.)
- Recourir aux services d'une entreprise de recrutement en TI ou d'une agence de placement.

Il est à noter que certains experts mentionnent le fait qu'une grande majorité des emplois vacants en intelligence numérique ont été pourvus en interne dans leurs entreprises.

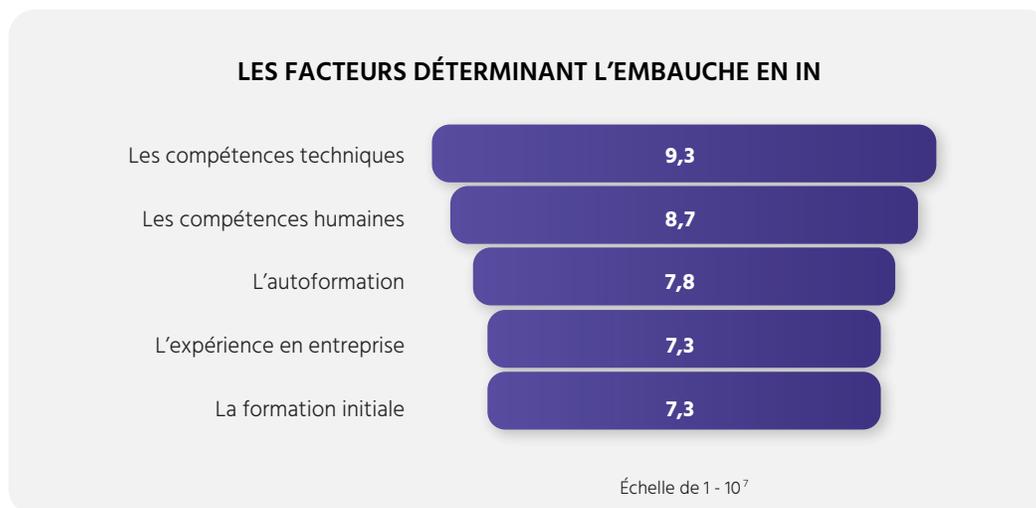
Une fois le bassin de candidats identifié, les entreprises vont généralement procéder à une entrevue téléphonique de présélection. Plusieurs entrevues techniques sont ensuite menées (1 à 3 en moyenne) incluant des tests techniques (test d'algorithmie, devoir de code, débogage d'un jeu de données) ou une étude de cas. Des exercices de présentation et de réseautage seront également de mise pour les métiers d'interface qui requièrent une interaction avec le client évaluation du facteur d'interaction avec le client. Dans le même temps, l'adéquation individu-organisation est évaluée afin de voir si le savoir-être du candidat correspond à la culture organisationnelle.

Nota bene: le processus de recrutement d'un chercheur en IA peut varier en fonction de la nécessité d'impliquer, ou pas, des professeurs professeurs capables d'évaluer les connaissances et compétences scientifiques du candidat.

## Les facteurs déterminant l'embauche en intelligence numérique

Les experts ont été invités à se positionner sur l'importance de cinq facteurs clés influençant la décision de convoquer en entrevue ou d'engager un professionnel en intelligence numérique.

Figure 12: Facteurs déterminant l'embauche en intelligence numérique



Les experts interrogés mettent à cet effet en lumière l'importance primordiale des compétences techniques (1) et humaines (2) dans le processus d'embauche. L'autoformation (3) s'avère également importante, notamment dans un contexte où le professionnel aura fort probablement à développer certaines compétences de manière individuelle au cours de son emploi. Finalement, l'expérience en entreprise (4) et la formation initiale (5) du candidat sont des facteurs qui apparaissent moins prioritaires pour les experts, renforçant le caractère distinctif de chacun des emplois en intelligence numérique. En effet, ces derniers sont identifiés par les recruteurs en fonction des besoins uniques de l'entreprise. Dès lors, deux recruteurs à la recherche d'un scientifique de données ne prioriseraient pas les mêmes éléments.

Parallèlement, les experts-recruteurs ont été interrogés de manière ouverte sur les autres facteurs qu'ils jugeaient importants dans le processus d'embauche. Ceux-ci s'articulent principalement autour de :

- La réalisation de stages
- La connaissance du secteur d'activité de l'entreprise/du client
- Les publications universitaires et articles scientifiques (lorsqu'applicable)
- L'objectif de carrière du candidat
- Le niveau de communication en anglais et français (bilinguisme)
- Les attentes salariales

<sup>7</sup> Les résultats offrent une quantification représentative de nature descriptive et ne visent d'aucune manière à assurer la représentativité statistique de la population.

## (1) Les compétences techniques

---

La dimension technique du portefeuille de compétences d'un candidat est au cœur du processus d'embauche pour les emplois en intelligence numérique. Ces compétences techniques réfèrent principalement à la capacité du candidat à utiliser une ou plusieurs technologies avec pertinence et efficacité. Il s'agit notamment des langages de programmation, des cadres et méthodes d'apprentissage automatique, des outils de traitement distribué des données, des éditeurs de codes ou encore des produits infonuagiques. Ces compétences sont évidemment déterminantes pour les professionnels techniques de l'IA et des mégadonnées, mais demeurent plus modestes pour les emplois en science des données. Elles sont périphériques pour les professionnels d'interface.

Les experts mettent également en exergue la transposabilité des compétences techniques. En effet, la maîtrise de certains langages de programmation et technologies est souvent garante du potentiel du candidat à apprendre et maîtriser des outils numériques connexes. Par exemple, un candidat qui ne maîtrise pas Python pourrait tout de même être embauché pour un poste qui nécessiterait une certaine connaissance de ce langage.

## (2) Les compétences transversales

---

Bien que les compétences techniques soient prépondérantes dans le domaine de l'intelligence numérique, les experts s'accordent sur l'importance pour un candidat de présenter des compétences humaines et des habiletés relationnelles démontrées. Alors que les projets en IA requièrent généralement la contribution de plusieurs professionnels techniques de l'intelligence numérique, la

capacité des individus à collaborer s'impose comme une priorité. Dès lors, on attend de plus en plus des candidats qu'ils possèdent un ensemble de compétences humaines, comme :

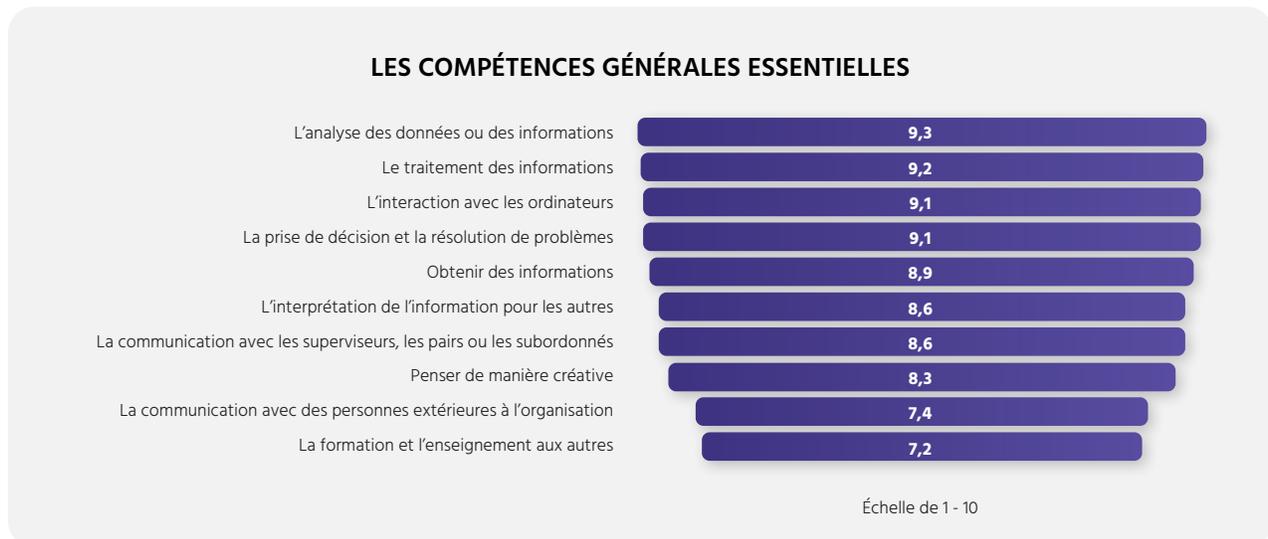
- La **communication** et la **vulgarisation** (en contexte d'équipe ou en interaction avec le client, le professionnel doit pouvoir rendre accessibles et compréhensibles les éléments techniques et scientifiques).
- L'**adaptabilité**, la **rapidité d'apprentissage** et la **résilience** (en évolution constante, le domaine de l'intelligence numérique requiert des professionnels qu'ils apprennent rapidement, qu'ils composent efficacement avec le changement et qu'ils surmontent les défis complexes inhérents aux projets itératifs d'IA).
- La **curiosité intellectuelle** (le désir de se tenir à jour sur les découvertes scientifiques, les innovations technologiques ou encore sur le développement des outils et langages de programmation est un élément fondamental pour tout professionnel évoluant à l'ère de l'intelligence numérique).
- La **collaboration** (la performance collaborative requiert des professionnels qu'ils fassent preuve d'humilité, de respect, et adoptent au quotidien une attitude positive orientée vers le travail en équipe).

Certains experts-recruteurs estiment d'ailleurs qu'un professionnel avec de grandes compétences humaines pourrait être embauché même si ses compétences techniques sont moindres. De surcroit, il est à noter que la combinaison souhaitée de compétences humaines est hautement dépendante du contexte organisationnel et de l'environnement de travail sous-jacent. Ainsi, deux scientifiques de données évoluant respectivement dans une grande entreprise et dans une entreprise en démarrage n'auraient pas à mobiliser les mêmes compétences humaines.

## Les compétences de base

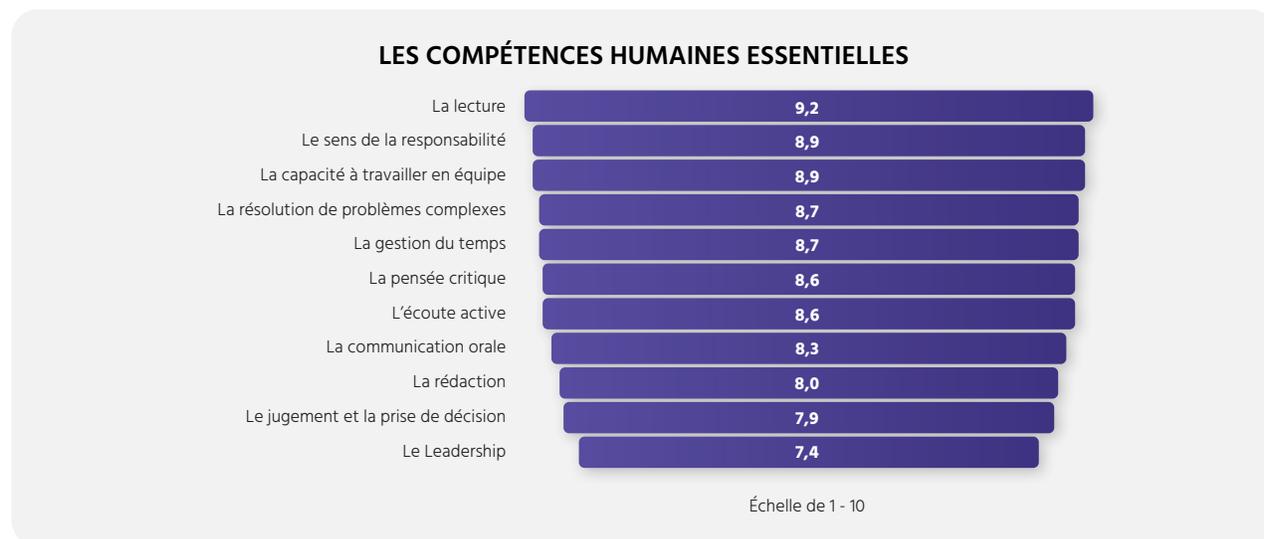
Afin d'identifier les compétences essentielles en intelligence numérique, les experts ont hiérarchisé un ensemble de compétences générales. Toutes sont essentielles, mais leur degré d'importance varie, une fois encore, selon le rôle du professionnel et le secteur dans lequel il évolue. De manière générale, les compétences permettant la collecte, l'analyse, le traitement, l'interprétation des données/informations et la prise de décision sont caractérisées comme prioritaires par les experts, quel que soit l'emploi en intelligence numérique. Les compétences générales plus « molles » ayant trait à la communication interne et externe, à la pensée créative et à l'enseignement/formation sont tout aussi essentielles, mais moins prioritaires si une sélection devait être faite. Considérant la faible présence empirique d'emplois hiérarchiques (caractérisés par différents niveaux d'ancienneté), il est normal que ces dernières compétences soient moins prioritaires pour des professionnels semblables aux profils décrits dans les fiches métiers individuelles.

Figure 13: Les compétences générales essentielles



En plus des compétences humaines identifiées comme facteurs déterminant l'embauche en intelligence numérique, les experts distinguent une série de compétences humaines qu'ils jugent essentielles pour tout professionnel en intelligence numérique. Les scores élevés et faiblement dispersés soulignent en effet le caractère essentiel de ces compétences humaines. En adéquation avec le constat effectué pour les compétences générales essentielles, seules les caractéristiques renvoyant davantage à des postes hiérarchiques plus expérimentés (notamment la rédaction, la prise de décision et le leadership) sont identifiées comme moins prioritaires pour les emplois en intelligence numérique.

Figure 14: Les compétences humaines essentielles



### (3) L'autoformation

Les compétences humaines relatives à l'apprentissage, à l'adaptabilité et à la curiosité intellectuelle sont en adéquation avec l'évolution rapide des tendances technologiques sur le marché, forçant les professionnels à recourir de manière croissante à l'autoformation. Les pratiques d'autoformation visent essentiellement à actualiser et à développer les connaissances et compétences de manière flexible et individuelle et peuvent prendre diverses formes. En effet, les professionnels œuvrant en IA, mégadonnées ou science des données (n=75) semblent privilégier les cours proposés dans les universités au Québec (16%) ainsi que des plateformes de formation en ligne telles que Coursera (13,5%) ou Udemy (12,8%).

Les professionnels travaillant en TI (et non en IA) (n=400) privilégient quant à eux la formation par projet personnel à titre d'autodidacte (30,4%), les programmes de formation sans certification tels que Coursera ou Udemy (18,6%) et enfin les formations créditées dans un établissement d'enseignement public ou parapublic (15,1%). Ces professionnels cherchent à développer leurs connaissances afin d'en apprendre plus sur l'intelligence numérique pour leur propre culture générale (38,1%) et dans une moindre mesure pour exercer un métier dans le domaine (19,8%) ou simplement pour maintenir leurs compétences à jour (19,3%).

Certains experts-recruteurs mentionnent que des initiatives personnelles de formation peuvent, dans certaines circonstances, être autant valorisées que certaines formations universitaires plus traditionnelles. Certaines de ces initiatives en ligne et autres formations externes (MOOC<sup>8</sup>) peuvent être financées par l'employeur. À l'interne, les entreprises dans lesquelles évoluent les experts mettent à disposition des plateformes d'apprentissage en ligne où les employés peuvent se former en IA, science des données et analytique. Les contenus de formation sont, dans bien des cas, développés par des chercheurs ou professeurs universitaires. D'autres activités telles que des dîners-conférences ou des pauses-café sur l'apprentissage automatique sont également organisées afin de générer de nouvelles idées, de partager des expériences dans le domaine et d'offrir une rétroaction aux collègues provenant de différentes équipes de travail.

### L'IMPORTANT DE L'AUTOFORMATION



<sup>8</sup> MOOC: Massive Open Online Course

Les experts estiment que les initiatives d'autoformation et d'apprentissage continu sont généralement très bien reçues par les employés qui semblent facilement s'adapter au format. Plusieurs outils de mesure du succès de ces initiatives sont notamment déployés incluant l'analyse du taux de participation aux formations en ligne, l'administration de sondages post-formation ou encore la mesure du transfert des apprentissages théoriques à la pratique.

L'autoformation est particulièrement importante pour tous les métiers en lien avec les mégadonnées en raison de la prolifération et de l'évolution rapide des outils utilisés, notamment ceux liés aux dispositifs infonuagiques. De surcroît, les experts soulignent la difficulté d'effectuer des veilles technologiques et d'anticiper les tendances dans un horizon dépassant l'année. L'autoformation est donc une pratique qui se démocratise dans le domaine de l'intelligence numérique et qui s'inscrit dans la perspective d'une formation continue et flexible des professionnels qui désirent demeurer compétitifs sur le marché du travail.

- Il est à noter que les pratiques d'autoformation et d'apprentissage continu permettent le relèvement des compétences («upskilling») dans les entreprises, facilitant la mobilité en interne et permettant à certains employés d'accéder à de nouveaux postes. Ces pratiques sont souvent complémentaires à d'autres formes de développement des compétences telles que le coaching ou le mentorat. Certaines de ces pratiques peuvent, à titre d'exemple, convertir un analyste de données en scientifique de données.

#### **(4) L'expérience en entreprise**

---

Comme le démontrent les fiches métiers présentées dans la précédente section, l'expérience pertinente moyenne varie d'un emploi à l'autre. En effet, alors qu'un professionnel fraîchement diplômé peut satisfaire aux exigences

de certains postes à caractère scientifique, d'autres, au contraire, nécessitent plusieurs années d'expérience. Les professions nouvelles et celles disposant d'un faible nombre de programmes universitaires spécifiques sont celles pour lesquelles l'expérience en entreprise est la plus essentielle (ex.: ingénieur en développement et exploitation («DevOps»), gouvernance des données). Plus spécifiquement, les postes très techniques, qui requièrent le traitement de quantités massives de données ou nécessitent le déploiement de solutions à un niveau industriel prioriseront des expériences appliquées en entreprise. Ceci souligne le fait que certaines formations universitaires ou initiatives d'autoformation sont parfois limitées (notamment en ce qui a trait à l'accès à de grands volumes de données) et renforce le caractère indispensable de l'expérience en entreprise.

L'expérience en entreprise est aussi centrale dans le processus d'embauche de postes hiérarchiques, plus seniors, qui requièrent des compétences pointues dans un domaine spécifique de l'intelligence numérique et des habiletés en gestion (d'équipes/effectifs).

#### **5) La formation initiale**

---

Les fiches métiers mettent également en lumière l'importance de la formation académique pour tous les emplois de l'intelligence numérique. La formation académique constitue le socle sur lequel les professionnels pourront développer leurs compétences futures par l'entremise d'autres pratiques. Le niveau de la formation initiale varie selon les emplois, allant du DEC, au baccalauréat, à la maîtrise et jusqu'au doctorat (et postdoctorat), et les disciplines sont souvent en lien avec l'informatique, l'ingénierie, les statistiques, les mathématiques ou encore l'intelligence d'affaires.

En adéquation avec les résultats de la récente étude (2020) menée par le Groupe DDM à la demande du Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur<sup>9</sup>, il semblerait que les formations de niveau universitaire soient privilégiées par les organisations pour pourvoir leurs postes en

---

<sup>9</sup> Groupe DDM. (2020). Place de l'intelligence artificielle dans les professions: enjeux pour la formation collégiale. Rapport présenté au Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 42 p.

intelligence numérique. Le niveau collégial (DEC) devrait ainsi être considéré comme une porte d'entrée vers la formation universitaire et non comme une passerelle directe vers une profession en intelligence numérique. En effet, les professions techniques de l'IA, qui nécessitent de composer avec les algorithmes et les (méga)données, sont de manière générale, associées à une formation universitaire d'au moins 3 ans (120 crédits) (cf. fiches métiers. métiers). Cela étant dit, il est important de noter que, dans un contexte très changeant, il est possible que le portrait change et que la formation collégiale soit de plus en plus appelée à former des talents en intelligence numérique, notamment pour des postes dits périphériques.

Les experts s'accordent donc sur le caractère primordial de la formation académique, particulièrement pour les chercheurs et professionnels impliqués dans la création d'algorithmes, mais aussi pour ceux qui sont spécialisés dans un domaine spécifique de l'IA (NLP, vision par ordinateur). Dans ces cas de figure, la formation académique assure l'acquisition des fondements théoriques nécessaires à la création, au développement et à l'application des modèles en IA.

Il est toutefois à noter que, dans bien des cas, le diplôme académique n'est pas le seul élément que les recruteurs prennent en considération. En effet, ceux-ci accordent de plus en plus d'attention à l'expertise et aux formations complémentaires qui, bien souvent, attestent de la maîtrise de compétences techniques et humaines. Par exemple, un candidat qui n'aurait pas de maîtrise ou de doctorat, mais qui aurait déjà déployé de l'apprentissage automatique en production pourrait malgré tout être un profil intéressant. À cet effet, il est important de souligner la complémentarité et la contingence non absolue entre le niveau de qualification et l'expérience de travail du candidat. Très concrètement, certains emplois en intelligence numérique dont les tâches sont perçues comme « faiblement complexes » (ex.: exploration, nettoyage ou gestion de données), pourraient permettre à :

- Un candidat de niveau collégial/1<sup>er</sup> cycle avec une expérience de travail significative de pourvoir le poste.
- Un candidat de niveau universitaire avec une faible expérience de travail de pourvoir le poste.

Le contexte de pénurie de main-d'œuvre pour certains postes en intelligence numérique doit ici être pris en compte puisqu'il est un facteur déterminant dans les décisions d'embauche prises par les experts-recruteurs.

## Les besoins en main-d'œuvre à court terme

Les experts-recruteurs mentionnent que les besoins en main-d'œuvre à court terme s'orientent essentiellement vers 7 postes de l'intelligence numérique. Ceci confirme la validité empirique de la taxonomie des métiers présentée en section 5 du présent rapport. En effet, les besoins en main d'œuvre à court terme couvrent l'ensemble des trois catégories taxonomiques, soit l'IA (création d'algorithmes), les mégadonnées ainsi que les métiers d'interface. Le niveau de complexité pour pourvoir ces postes et le niveau de croissance dans l'industrie sont estimés par les experts pour chacun de ces emplois. Ceci complète leurs descriptions individuelles présentées dans les fiches-métiers (section 5).



EMPLOIS EN IN QUI DOIVENT ÊTRE POURVUS À COURT TERME	NIVEAU DE COMPLEXITÉ À POURVOIR	CROISSANCE DANS L'INDUSTRIE
<p><b>Chercheur en IA appliquée</b> (DL, ML, NLP, Vision)</p> <hr/>	<p><b>Très complexe</b> (particulièrement pour certaines spécialisations telles que DL, Vision, NLP)</p> <hr/>	<p><b>Stable sauf pour certaines spécialisations en croissance</b> (DL, Vision, NLP)</p> <hr/>
<p><b>Scientifique de données</b></p> <hr/>	<p><b>Très complexe</b> (particulièrement pour trouver des profils complets présentant toutes les compétences techniques et humaines recherchées)</p> <hr/>	<p><b>Stable</b></p> <hr/>
<p><b>Ingénieur en apprentissage automatique</b> (ou développeur)</p> <hr/>	<p><b>Modérément complexe</b> (dû à la transposabilité des compétences générales, techniques et humaines avec celles d'un scientifique de données, et leur capacité à s'échanger les rôles)</p> <hr/>	<p><b>Croissance</b></p> <hr/>
<p><b>Ingénieur de données</b></p> <hr/>	<p><b>Très complexe</b></p> <hr/>	<p><b>Forte croissance</b></p> <hr/>
<p><b>Analyste de données</b></p> <hr/>	<p><b>Modérément complexe</b></p> <hr/>	<p><b>Croissance</b></p> <hr/>
<p><b>Architecte de solutions</b></p> <hr/>	<p><b>Très complexe</b> (dû à la nécessité de présenter des compétences techniques et d'affaires avancées, requérant plusieurs années d'expérience en entreprise)</p> <hr/>	<p><b>Croissance</b></p> <hr/>
<p><b>Analyste en intelligence d'affaires</b> (Analyste BI)</p>	<p><b>Modérément complexe</b></p>	<p><b>Croissance</b></p>

## Les besoins futurs en main-d'œuvre

De manière plus prospective, les experts ont été invités à se prononcer sur l'évolution des besoins en main-d'œuvre afin d'identifier les métiers en intelligence numérique qui émergeront dans un horizon de 3 à 5 ans.



### LE TRADUCTEUR DE L'ANALYSE DES DONNÉES (« DATA ANALYTICS TRANSLATOR »)

Il s'agit d'un spécialiste hybride qui maîtrise les aspects techniques et les enjeux d'affaires. Ce profil bilingue de l'intelligence numérique détient un rôle clé permettant d'assurer le lien entre les besoins du marché et ceux des clients, et les réalités techniques et scientifiques. D'après les profils-métiers établis dans le cadre de la présente étude, ce type d'emploi se positionne au croisement du scientifique de données et du gestionnaire de projet. Ce faisant, les compétences de communication et de vulgarisation s'avèrent primordiales. Ce type de profil est manifestement très difficile à trouver considérant le nombre important d'années d'expérience requises. Sa demande dans l'industrie devrait connaître une forte croissance au cours des prochaines années.



### LE SPÉCIALISTE EN INTERACTION HOMME-MACHINE/IA RESPONSABLE (OU ALGORITHMISTE)

Certains experts estiment que l'évolution rapide des capacités et des utilisations de l'IA implique la nécessité qu'un professionnel facilite l'adéquation entre l'homme et la machine de demain. Les dispositifs d'IA devenant plus performants et sophistiqués, il semble important qu'un spécialiste s'assure que leur utilisation demeure responsable et cohérente avec les objectifs d'affaires, sociaux et éthiques.

L'algorithmiste est chargé d'auditer les algorithmes, de mener des tests de qualité et d'examiner l'impact des décisions algorithmiques sur les parties prenantes. Ce rôle va gagner en importance à mesure que les algorithmes s'opérationnalisent dans les organisations. Il permettra d'en accroître la crédibilité et l'imputabilité en s'assurant que la logique derrière chaque algorithme est liée de manière éthique et vertueuse à l'homme.

Bien qu'il n'existe pas encore de formation spécifique pour ce type de profil, les compétences requises doivent permettre au professionnel d'interagir tant avec la partie technique (algorithmes, codes, mégadonnées, etc.) qu'avec les enjeux d'affaires. Des compétences humaines telles que la communication, la collaboration et la curiosité sont donc essentielles. Le niveau de difficulté à pourvoir un tel poste serait, aux dires des experts, relativement élevé.



### LE RESPONSABLE DE LA MAINTENANCE DE SOLUTIONS D'IA

Bien que certains profils dépeints dans les fiches métiers effectuent d'ores et déjà des tâches en lien avec le suivi, l'évolution et l'actualisation des solutions d'IA (ex.: l'architecte de solutions), certains experts soulignent le fait que les besoins futurs s'articuleront davantage autour du diagnostic de solutions d'IA que de leur création en tant que telle. En effet, une fois les algorithmes et codes mis en production, la maintenance des solutions devient cruciale. En ce sens, il est fort probable que des professionnels soient spécifiquement dédiés à diagnostiquer, investiguer et créer des outils permettant aux solutions de continuer à répondre aux besoins organisationnels. Un tel professionnel posséderait idéalement une maîtrise en informatique en IA, et aurait une large connaissance des outils de programmation et cadres d'apprentissage automatique. De surcroît, des compétences humaines telles que la communication, la persévérance et la curiosité prévaudraient. Les experts estiment qu'un poste de responsable de la maintenance des solutions d'IA serait relativement complexe à pourvoir.

Plusieurs experts mentionnent aussi que de nouveaux métiers émergeront avec l'informatique quantique («quantum computing») et l'informatique en périphérie («edge computing»). Ces domaines sont connexes à l'IA et sont en lien direct avec les mégadonnées et leur gestion. Bien qu'ils soient embryonnaires dans le monde organisationnel, ces domaines pourraient susciter l'apparition d'emplois dont les titulaires seraient chargés de créer des unités d'informatique quantique/en périphérie, ainsi que d'en mesurer le retour sur investissement (ex.: responsable l'informatique en périphérie). Une connaissance de ces domaines et des architectures informatiques serait nécessaire. La formation initiale requise s'apparenterait donc à celle d'un doctorat.

Enfin, bien que la grande majorité des professionnels de l'intelligence numérique utilise des outils infonuagiques, il est fort probable que des professions liées à ce domaine deviennent de plus en plus importantes dans les années à venir (ex.: spécialiste de l'infonuagique).

## État de la formation

### Les éléments distinctifs de la formation en intelligence numérique au Québec

Les experts ont été invités à se prononcer sur les programmes de formation<sup>10</sup> qu'ils jugent les mieux et les moins adaptés au marché ainsi que sur les forces et faiblesses de leurs finissants. En premier lieu, la formation en intelligence numérique se distingue au Québec pour trois raisons essentielles:

- Comme évoqué dans la section contextuelle du présent rapport, Montréal bénéficie d'une réputation de pôle universitaire international en IA. Ceci permet d'attirer des chercheurs et des spécialistes de renom, qui eux-mêmes attirent les étudiants les plus brillants. Ce phénomène permet le développement des connaissances en IA par l'attraction des meilleurs talents et contribue

au renforcement d'une communauté locale déjà forte dans les domaines de l'IA et de la science des données. La réputation des professeurs-chercheurs exerce un fort impact sur la qualité de la formation et l'image de l'université.

- Les universités québécoises figurent parmi les meilleures au monde (McGill, UdeM) et offrent des programmes spécialisés répondant aux besoins variés du marché du travail en intelligence numérique. Axés sur les fondements théoriques et le transfert à la pratique, les programmes en statistique, mathématiques et informatique préparent notamment les futurs développeurs et scientifiques. Des écoles de génie et de gestion (HEC Montréal, ÉTS, Sherbrooke, etc.) offrent également des programmes spécialisés qui répondent plus ou moins spécifiquement aux exigences de certains postes en intelligence numérique. Ces programmes permettent une intégration continue des étudiants dans l'industrie.
- Les experts soulignent finalement l'importance des programmes de cycles supérieurs (maîtrise et doctorat) proposés non seulement dans les universités mais aussi dans les centres de recherche et les laboratoires. Nous rappelons que la formation collégiale préuniversitaire prépare les étudiants à accéder aux cycles universitaires supérieurs. De plus, certains DEC techniques (informatique, TI) visant le marché du travail peuvent, eux aussi, faciliter l'accès aux programmes universitaires en lien avec l'intelligence numérique (informatique, statistique, mathématiques, génie, etc.). À l'exception des étudiants qui se destinent à la recherche fondamentale, la capacité à allier théorie et pratique s'impose comme une nécessité. Bien que les experts-recruteurs disent recruter essentiellement dans les universités québécoises (UdeM, McGill, Concordia, UQAM, Sherbrooke, etc.), il se peut que certains profils d'excellence soient recrutés à l'étranger. La réputation et le classement de l'université sont bien souvent les premiers critères d'évaluation pour juger de l'équivalence de la formation.

<sup>10</sup> Les programmes de formation réfèrent à tout programme offert dans une institution d'enseignement (programmes universitaires traditionnels, professionnels, école d'été ou tout autre modèle de formation pertinent).

## Les universités et instituts de recherche québécois qui se démarquent

L'institution dans laquelle a été suivie la formation est extrêmement importante lorsque vient le temps d'embaucher un professionnel. Voici celles dont les programmes de formation se démarquent le plus selon les experts :

- **Mila**, dont les programmes permettent de former des chercheurs de pointe et de générer des avancées scientifiques dans le domaine. La communauté Mila bénéficie également d'une diversité d'opportunités de recherche, de stages et de réseautage qui favorisent la collaboration entre les membres de l'écosystème et un rapprochement entre les milieux académiques et industriels.
- **IVADO**, dont les programmes permettent aux professionnels de l'industrie de bénéficier de formations approfondies et continues sur certains volets de la science des données.
- **L'Université de Montréal et l'Université McGill** (spécifiquement pour leurs baccalauréats en informatique et mathématiques).
- **Polytechnique Montréal et l'ÉTS** (spécifiquement pour leurs programmes en génie, statistique et mathématiques appliquées).
- **Les écoles de gestion HEC Montréal et celle de l'Université de Sherbrooke** (spécifiquement pour leurs programmes de maîtrise en intelligence et analytique d'affaires).
- **Les programmes offrant plusieurs stages** sont les plus valorisés par les entreprises, car ils permettent aux nouveaux diplômés d'entrer sur le marché du travail avec une réelle expérience de terrain.



## Les principales forces des talents sortant de ces programmes

Rencontrés par les experts-recruteurs lorsqu'ils pénètrent le marché du travail, les talents ayant suivi les programmes de formation détaillés précédemment présentent, semble-t-il, certains atouts :

### De grandes compétences techniques

(incluant des connaissances poussées en programmation et autres langages couplées à une capacité d'adaptation qui leur permet de manipuler une grande variété d'outils et de solutions).

### Des compétences humaines variées

qui font pencher la balance à l'embauche (adaptabilité et débrouillardise, curiosité et désir d'apprendre, confiance en soi, passion et communication).

### Des connaissances théoriques solides

qui permettent aux diplômés de penser les problèmes d'affaires à résoudre en utilisant l'IA. À cet effet, les jeunes diplômés sont souvent à la recherche d'expériences pratiques pour appliquer les aspects théoriques de leurs formations.

## Les principales lacunes des programmes proposés

Dans l'optique de mieux comprendre les aspects de la formation en intelligence numérique au Québec qui pourraient être améliorés, les experts ont identifié certaines lacunes en fonction des besoins du marché. Celles-ci sont présentées de manière générale et ne visent pas à cibler un programme de formation en particulier.

- Les experts relèvent de manière récurrente le manque de liens entre les domaines théoriques et scientifiques et la pratique en milieu organisationnel. En effet, alors que les programmes sont très orientés sur les aspects techniques, il semblerait que les diplômés entrant sur le marché du travail n'aient pas une connaissance suffisante des standards de l'industrie. Les projets mineurs (prototypes) effectués dans le cadre de ces programmes de formation ne permettent vraisemblablement pas de mener des projets industriels à plus long terme. L'un des exemples majeurs repose sur la qualité du développement logiciel (du code) qui demeure relativement faible. Le coût des licences constitue un frein notoire pour les instituts de formation qui n'ont souvent pas accès à des quantités de données semblables à celles avec lesquelles les diplômés travailleront en entreprise. En effet, les outils en code source libre (« open source ») sont souvent ceux utilisés dans le cadre des formations.
- Certains experts déplorent que la majorité des programmes en IA se concentre encore aujourd'hui uniquement sur le développement d'algorithmes d'apprentissage automatique avec pour objectif l'avancement de la science. À ce jour, les besoins du marché touchent davantage au développement et à la production de l'IA de façon industrielle afin de faire fonctionner des modèles à grande échelle. À l'heure actuelle, très peu de programmes semblent combler ce profil spécifiquement.

En somme, l'évolution rapide des besoins du marché et la rigidité des institutions universitaires rendent complexe le développement de nouveaux programmes de formation adaptés aux problématiques actuelles des entreprises.

Pour compenser, les entreprises doivent souvent mettre en place des initiatives de coaching/mentorat visant à encadrer les diplômés entrant sur le marché, et qui manquent d'expérience pratique.

Les maîtrises professionnelles récemment développées pourraient, dans une certaine mesure, pallier ce problème. Celles-ci, notamment par l'entremise de leurs projets de fin d'études incluant l'application de solutions d'IA en industrie, permettent un accès clair à une profession en intelligence numérique. De surcroît, certains experts mentionnent la nécessité d'avoir davantage de microprogrammes spécialisés, de formations techniques ou au 1er cycle. Ces programmes pourraient s'avérer très compétitifs en formant une main-d'œuvre technique spécialisée rapidement, tout en suscitant de l'intérêt envers les programmes universitaires supérieurs en IA.

- Les aspects techniques (informatique, statistique, mathématiques, génie) et d'affaires (intelligence et analytique d'affaires, gestion) de l'intelligence numérique apparaissent souvent séparés, voire distincts, et gagneraient à être mieux intégrés et pensés de façon complémentaire. Les lacunes majeures sont donc principalement attribuées au déséquilibre entre compétences techniques et d'affaires. Il serait souhaitable que les diplômés présentent davantage de compétences en accompagnement client, en service-conseil et en compréhension des problématiques d'affaires.
- Certaines compétences humaines telles que la communication et la vulgarisation (« storytelling »), l'intelligence émotionnelle, l'humilité ainsi que la résilience pourraient être développées davantage au cours des formations dispensées, selon les experts interrogés.

## Le programme de formation idéal en intelligence numérique

Les experts ont dans un premier temps été appelés à dépeindre les caractéristiques du programme de formation en intelligence numérique qu'ils jugeraient idéal.



- ✓ Le programme idéal durerait entre 2 et 3 ans.
- ✓ Il serait dispensé au sein d'une institution universitaire formelle (incluant le centre de recherche qu'est Mila) et s'adresserait principalement à des individus ayant une formation universitaire préalable. En effet, les étudiants du programme idéal détiendraient d'ores et déjà un baccalauréat ou une maîtrise en sciences pures et appliquées telles que l'informatique, la statistique, les mathématiques ou la programmation (génie).
- ✓ Les experts évoquent, à l'unanimité, l'obligation qu'un tel programme puisse offrir un stage ou une forme d'alternance études-emploi dans laquelle l'étudiant suivrait des cours à l'université et mettrait parallèlement en pratique ses apprentissages dans une entreprise.
- ✓ Ce programme de formation idéal devrait assurer le développement de compétences techniques fonctionnelles telles que la modélisation de données, l'algorithmie, la maîtrise des bases de données et des outils de programmation ainsi que les cadres d'apprentissage machine et concepts statistiques.
- ✓ Conjointement, certaines compétences humaines devraient y être développées comme la communication et la vulgarisation, la curiosité, l'humilité, la créativité et l'esprit d'équipe, la résilience et l'adaptabilité.
- ✓ Ce programme aurait une vocation « professionnalisante », portant l'emphasis sur le développement de compétences visant la maîtrise des enjeux d'affaires et la relation-client.
- ✓ Aussi, les experts suggèrent que ce programme de formation puisse se démarquer par la présence de modules sur la gouvernance, la sécurité des données et sur les ventes, afin que l'étudiant comprenne le cycle complet de programmation/développement.
- ✓ Enfin, il serait souhaitable que le programme soit beaucoup plus proche des entreprises, incluant les entreprises en démarrage et les PME, afin que les étudiants puissent être plongés dans la réalité organisationnelle en travaillant sur des projets à long terme (échelonnés sur la durée complète du cursus) et impliquant de vrais utilisateurs.

## Les stages et la formation en entreprise

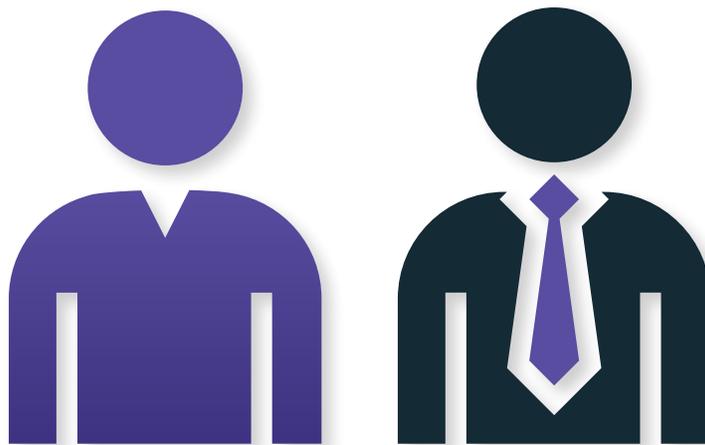
Concernant l'importance d'intégrer des stages dans le programme de formation idéal, les experts mettent à nouveau en lumière le caractère primordial des expériences appliquées ou immersives en entreprises dans le cadre de la formation en intelligence numérique. Tous les experts disent offrir des opportunités à des étudiants stagiaires dans leurs entreprises respectives.

De surcroît, les experts affirment que les stages et expériences appliquées sont importants pour tous les métiers de l'intelligence numérique, qu'il s'agisse de développement, de recherche appliquée, de science des données ou d'interaction client. Seuls les métiers de la recherche fondamentale ne semblent pas être soumis à ce besoin critique d'expérience en entreprise. La plupart des stages actuellement proposés sur le marché s'inscrivent dans le cadre de parcours universitaires et s'avèrent trop courts (quelques mois tout au plus), selon les experts interrogés. Cependant, ces stages constituent souvent la porte d'entrée en entreprise puisqu'un stagiaire performant est généralement embauché à un poste junior à la fin de ses études. Très concrètement, ces stages permettent de préparer les étudiants à la réalité du marché du travail, tant dans le conseil que dans le développement ou la recherche appliquée. Les stages avec présentation de rapports finaux sont d'autant plus appréciés qu'ils permettent de proposer

une synthèse des apprentissages. Pour certains types de postes, une méthode immersive mixte, mêlant recherche théorique et appliquée, serait la plus adéquate, bien qu'elle ne semble pas encore exister sur le marché de la formation à l'heure actuelle.

De manière générale, les experts-recruteurs identifient toute expérience en intelligence numérique comme un facteur favorisant l'embauche. Cette expérience peut être celle d'un laboratoire de recherche, d'une grande entreprise ou d'une entreprise en démarrage. Par-delà leurs spécificités, ces expériences permettent avant toute chose de démontrer l'intérêt du candidat pour le domaine et sa capacité à composer avec les impératifs techniques et humains du travail. Les expériences hors cursus sont aussi valorisées, notamment pour témoigner de certaines compétences humaines telles que la capacité à travailler en équipe, la volonté d'apprendre et de développer ses connaissances ou même son leadership.

Finalement, les experts estiment que l'expérience appliquée permet de développer certaines compétences techniques et humaines, qui sont plus complexes à acquérir dans un contexte universitaire.



## COMPÉTENCES TECHNIQUES

- S'exercer sur des logiciels qui ne sont pas accessibles en code source libre
- Déployer des modèles « industriels » et les coder dans un contexte réel (ex.: revue qualité et test des codes)
- Préparer de vrais jeux de données et composer avec des volumes importants de données
- S'exercer sur des systèmes, outils et infrastructures de nature complexe
- Gérer un projet (cycle complet) et collecter les informations

## COMPÉTENCES HUMAINES

- Curiosité et passion
- Relation client, négociation et leadership
- Collaboration et travail en équipe (gestion de la dépendance vis-à-vis d'autres équipes)
- Gestion de la hiérarchie (apprendre à travailler avec des professionnels d'expérience)
- Efficacité dans la prise de décision
- Compréhension des enjeux d'affaires et de la culture organisationnelle

Confirmant l'importance de l'expérience pratique en intelligence numérique, les experts allouent en moyenne **60,3%** d'importance à l'expérience professionnelle contre **39,7%** pour la formation universitaire. Il est cependant essentiel de garder à l'esprit que les besoins demeurent assujettis au contexte organisationnel. Bien que nous établissions des profils standards dans le cadre de la présente étude, il est important de rappeler qu'un titre d'emploi similaire ne garantit pas la similarité des profils.





# 7

## CONCLUSION ET AVENUES DE RECHERCHE FUTURES

La présente étude sectorielle a permis de dépeindre le profil de main-d'œuvre en intelligence numérique, incluant la caractérisation des métiers et des compétences du domaine. Cette étude est la première du genre et offre un diagnostic analytique exhaustif qui permettra :

- aux entreprises québécoises et canadiennes de mieux comprendre la portée de leurs décisions RH (prévision de la main-d'œuvre, adaptation des pratiques de recrutement, formation et rémunération, etc.)
- aux institutions d'enseignement de mieux comprendre les besoins en main-d'œuvre et les attentes des acteurs organisationnels de l'écosystème québécois en matière de compétences et formations.

Nous avons proposé une analyse microscopique de chaque métier de l'intelligence numérique afin d'identifier leurs caractéristiques respectives et les compétences requises. La taxonomie développée permet de traduire de manière exhaustive la présence empirique de ces métiers dans le monde organisationnel. Cependant, il est important de souligner que cette taxonomie offre une vision statique à visée descriptive. Cela signifie que chaque métier est traité de manière individuelle, faisant abstraction de leurs potentiels chevauchements, interdépendances et synergies. En effet, les projets d'IA requièrent une certaine division des tâches et, par conséquent, l'intervention de multiples professionnels. En ce sens, il apparaît clair que l'intelligence numérique existe davantage au niveau collectif qu'individuel. Bien que la maîtrise de certaines compétences spécifiques (techniques et transversales) soit nécessaire au succès d'un projet d'IA, le développement d'une capacité organisationnelle robuste en intelligence numérique va au-delà de ce qu'un professionnel peut accomplir individuellement. Alors que l'importance du travail d'équipe est largement mise en lumière par les experts, il apparaît essentiel de reconnaître que les compétences requises à l'ère de l'intelligence numérique doivent évidemment être caractérisées au niveau individuel, mais elles doivent aussi

l'être au niveau groupal. Ainsi, bien que les programmes de formation et d'autoformation s'articulent pour l'heure autour d'un développement individuel des compétences, il est important que les organisations adoptent une vision plus macroscopique de la notion de compétence. Considérant la rapidité des changements technologiques, il peut être utopique de penser que tous les professionnels pourront se former et se reformer en suivant le rythme et la complexité de l'innovation. En ce sens, il est beaucoup plus rationnel de s'assurer que les professionnels soient en mesure d'accomplir collectivement les objectifs. Cela offre des opportunités de croissance beaucoup plus grandes et probablement plus adaptées à l'environnement technonumérique présent et futur.

Parallèlement, il est essentiel de souligner la prépondérance des facteurs contextuels qui déterminent le profil d'un métier dans l'entreprise. En effet, il serait nécessaire que de futures recherches tirent profit de la taxonomie des métiers développée dans la présente étude pour tenter d'identifier des profils potentiellement hybrides de l'intelligence numérique. À la lumière des résultats de recherche, nous anticipons la combinaison de certains métiers et compétences sous certaines conditions contextuelles et organisationnelles. La taxonomie des métiers présentée constitue donc un apport théorique et empirique primordial, puisqu'elle est la première du genre. Toutefois, celle-ci ne demeure pas figée et devrait être amenée à évoluer dans le temps.

Les résultats de la présente étude ont démontré que les métiers de l'intelligence numérique requièrent des compétences spécifiques qui sont et seront appelées à être développées par des méthodes de formation adaptées et ajustées, théoriques et pratiques, traditionnelles et innovantes, individuelles et collectives. Les compétences techniques s'articulent principalement autour de la maîtrise d'outils numériques et technologiques incluant les outils d'apprentissage automatique, de programmation, d'infonuagique ou encore de (méga)données. Les

compétences humaines apparaissent quant à elles bien plus génériques et pourraient laisser envisager des similitudes avec la matérialisation de ces compétences dans d'autres secteurs de l'industrie. Cependant, nous stipulons que ces compétences ont un caractère propre au domaine de l'intelligence numérique et devraient, en ce sens, faire l'objet d'un processus d'évaluation spécifique. Dans cette optique, une avenue de recherche future serait de mieux comprendre comment les compétences propres à l'intelligence numérique sont évaluées dans les entreprises québécoises. Cela permettrait également de capter empiriquement les comportements adoptés par les professionnels dans le cadre de leur travail en intelligence numérique.

Il serait également important de mener une étude complémentaire visant à identifier le statut des professionnels exerçant un métier de l'intelligence numérique. En effet, les entreprises tendent depuis quelques années à rendre leur main-d'œuvre beaucoup plus flexible et agile. Cette main-d'œuvre, dite contingente, détient généralement des compétences spécifiques que les employeurs peuvent rapidement mobiliser sur des projets particuliers. Les professionnels qui constituent la main-d'œuvre contingente travaillent de manière autonome, sur des plateformes en ligne ou sont « prêtés » par d'autres organisations.

Il serait donc pertinent de mieux comprendre comment les organisations gèrent les emplois et les professionnels de l'intelligence numérique en évaluant leur tendance à recourir à une main-d'œuvre contingente pour les projets d'intelligence numérique. La collaboration des professionnels traditionnels et contingents étant, par extension, une avenue qui devrait faire l'objet d'une attention particulière.

Bien que la portée de l'étude se limite aux métiers les plus proches de l'intelligence numérique, aborder le sujet amène directement à penser de manière plus large à la transformation numérique. Il serait intéressant, dans une optique de poursuite de la recherche, d'examiner les répercussions de la transformation numérique sur différents métiers non spécialisés. Pour reprendre notre nomencla-

ture, après avoir fait le portrait des métiers au *centre* et en *périphérie* de l'intelligence numérique, le portrait des métiers de direction, d'adoption ou d'accompagnement – pour ne pas dire de gestion du changement – ou encore le portrait des professions *utilisatrices* d'intelligence numérique semblent logiquement être les futurs terrains d'exploration.

Nous tenons également à rappeler que la taxonomie des métiers développée dans la présente étude ne vise d'aucune manière à différencier les métiers selon leur potentiel de création de valeur dans l'entreprise. Dans cette lignée, il serait pertinent d'étudier l'impact de ces métiers sur la performance organisationnelle. À l'heure où l'adoption de l'IA dans l'entreprise québécoise demeure embryonnaire, il devient de plus en plus important que les entreprises développent leur capacité à démontrer le retour sur investissement et les réels bénéfices, tant opérationnels que financiers, générés par la technologie numérique.

Enfin, les entreprises d'aujourd'hui évoluent dans un environnement incertain qui restructure les normes et les caractéristiques du travail et de l'emploi. Les institutions d'enseignement façonnent quant à elles les générations qui répondront aux enjeux de société futurs. Ce faisant, il est important d'accompagner ces acteurs en poursuivant les travaux de recherche en lien avec la transition des organisations, des institutions et des sociétés vers l'ère numérique et l'avènement de l'intelligence artificielle.



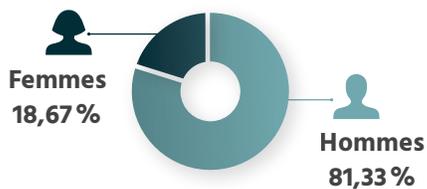


# ANNEXES

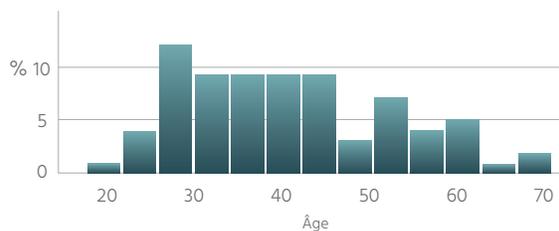
## Visualisation des réponses du sondage auprès de professionnels en intelligence numérique

### SOCIO-DÉMO (n=75)

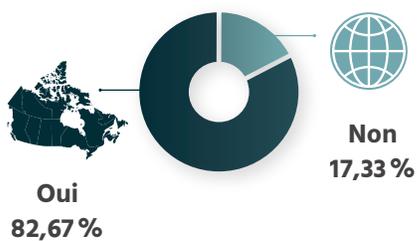
Quel est votre sexe?



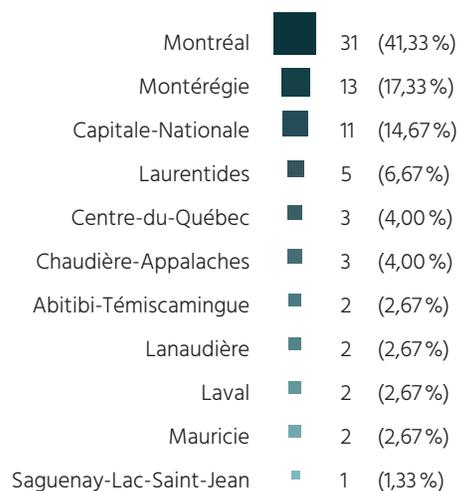
Quel âge avez-vous?



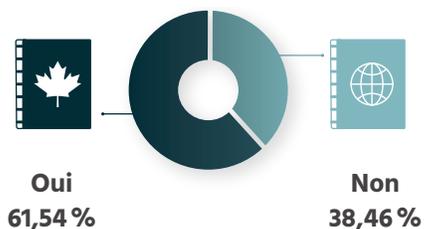
Êtes-vous né au Canada?



Dans quelle région du Québec demeurez-vous?

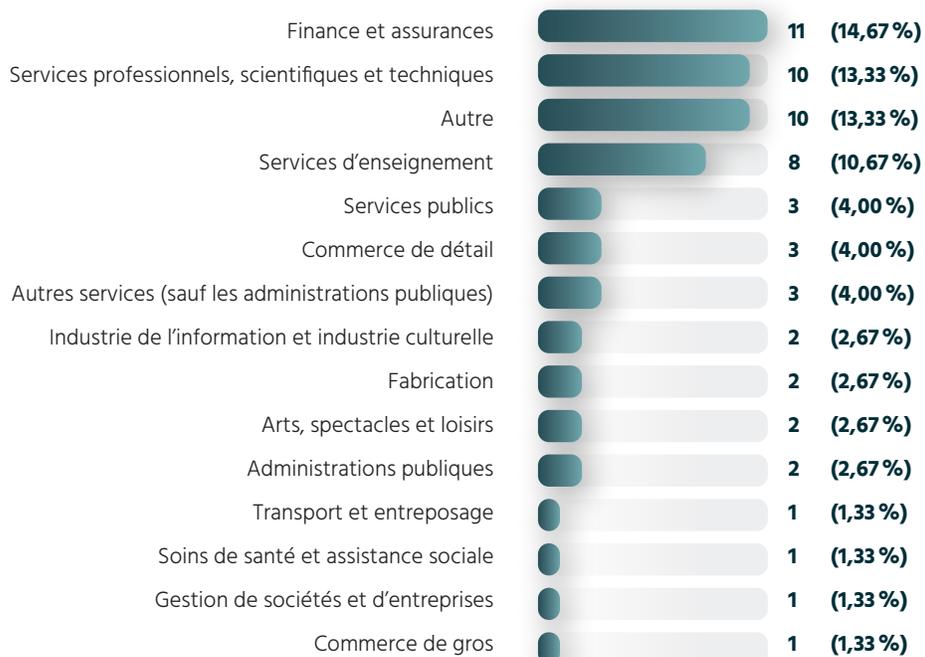


Êtes-vous citoyen(e) ou possédez-vous le statut de résident permanent au Canada?

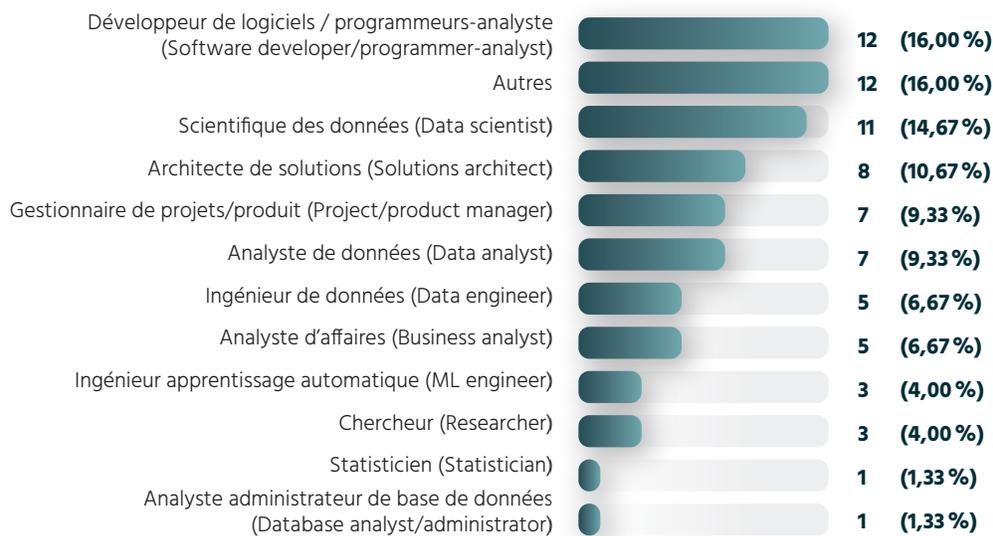


## Section A CONTEXTE PROFESSIONNEL

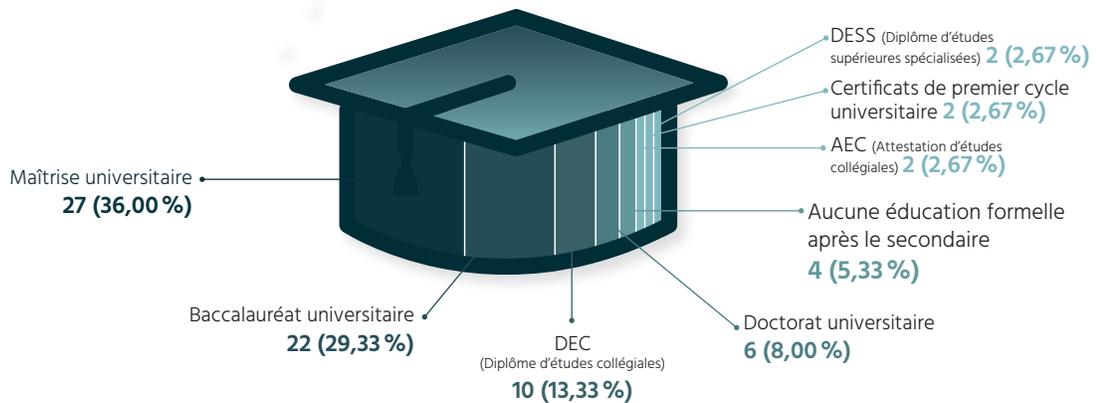
Q0. Dans quel **secteur d'activité** évolue votre entreprise ?



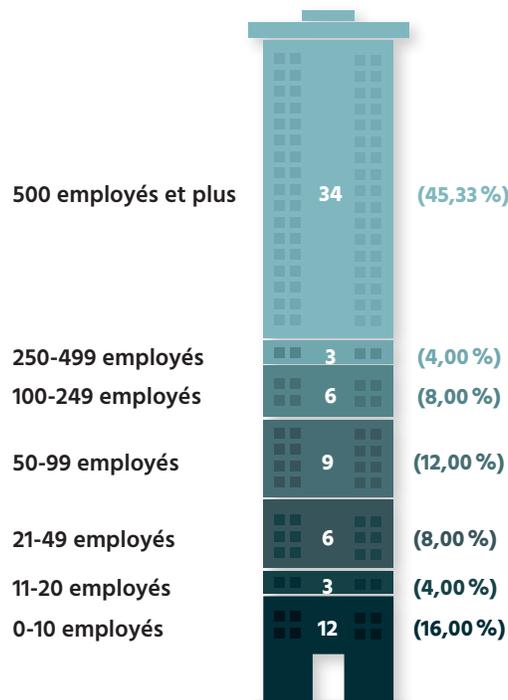
Q1. Parmi les rôles suivants, veuillez sélectionner le titre **le plus similaire à votre rôle actuel** ou à votre rôle le plus récent ? (n=75)



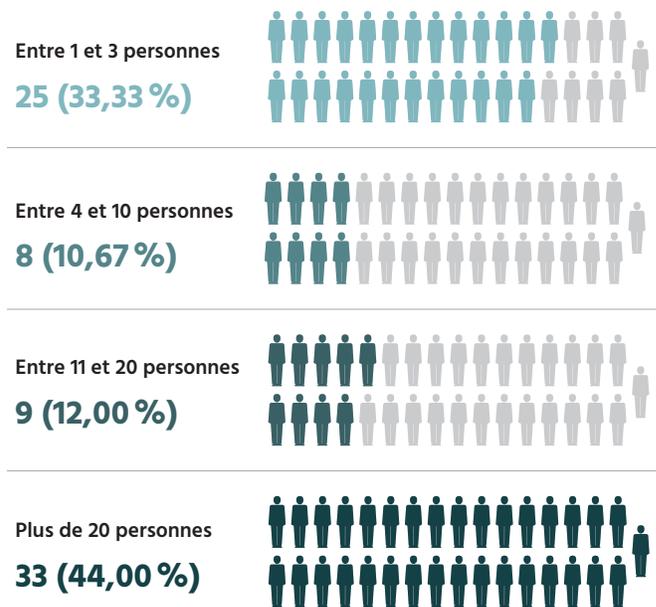
Q2. Quel est le **plus haut niveau d'éducation** académique que vous **avez atteint** ou que vous **prévoyez atteindre** au cours des **2 prochaines années**? (n=75)



Q3. Quelle est la **taille de l'entreprise** pour laquelle vous travaillez?  
(Ordonné selon le nombre d'employés) (n=75)

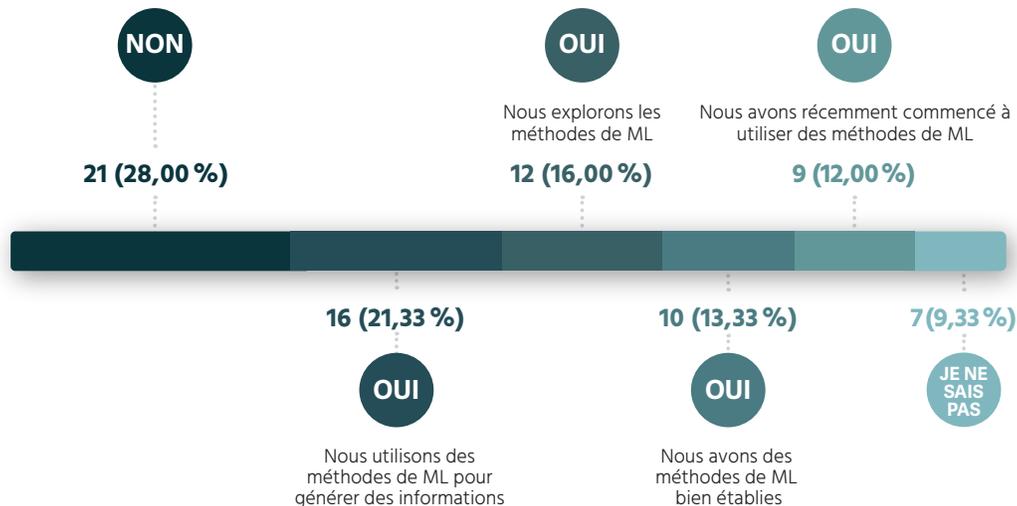


Q4. Environ **combien de personnes** sont **chargées des activités en science des données** au sein de votre entreprise?  
(Ordonné selon le nombre d'employés) (n=75)



## Section B ACTIVITÉS DE L'EMPLOYÉ ET DE L'ENTREPRISE

Q5. Votre employeur actuel intègre-t-il des **méthodes de machine learning (ML)** dans son entreprise ? (n=75)

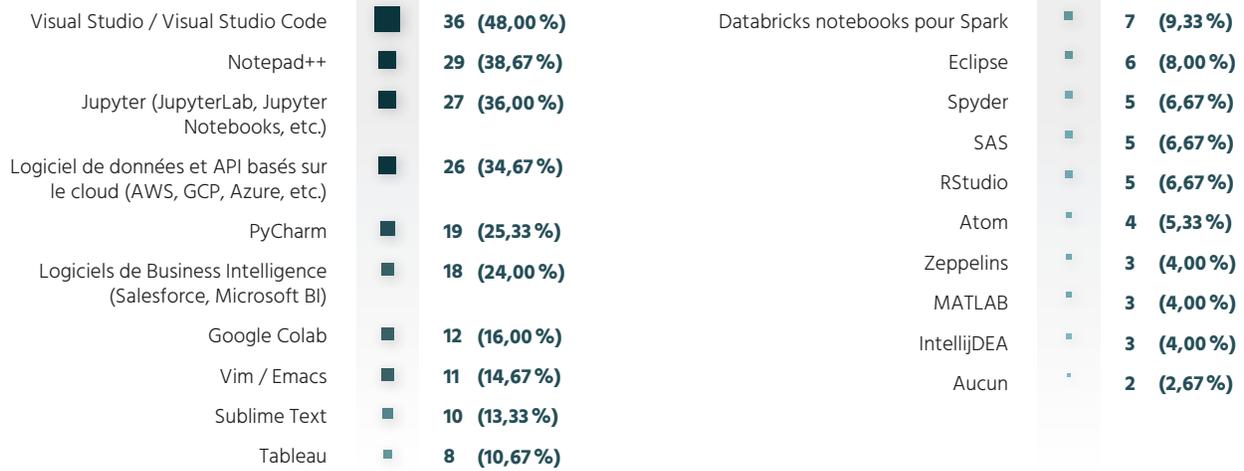


Q6. Parmi les **activités** suivantes, veuillez sélectionner celles **constituant une partie importante de votre rôle** au travail. (Nombre de fois où une activité fait partie du top 3) (n=75)

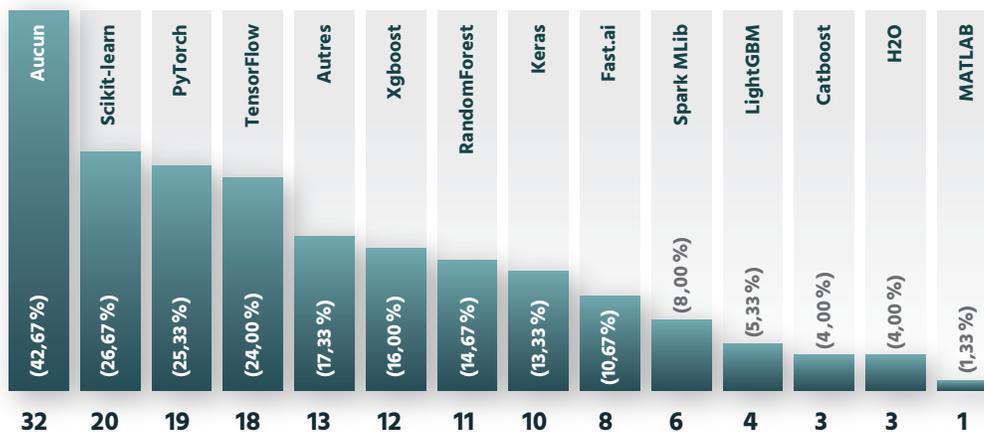


## Section C&D OUTILS ET MODULES UTILISÉS DANS LE CADRE DU TRAVAIL

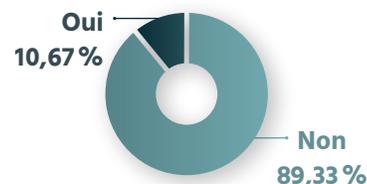
Q7. Parmi les **éditeurs de codes ou environnements de travail** suivants, lesquels utilisez-vous le plus souvent dans le cadre de votre travail ? (Nombre de fois où un choix a été sélectionné)



Q8. Parmi les **cadre d'apprentissage automatique** suivants, lesquels utilisez-vous régulièrement dans le cadre de votre travail ? (Nombre de fois où un choix a été sélectionné)

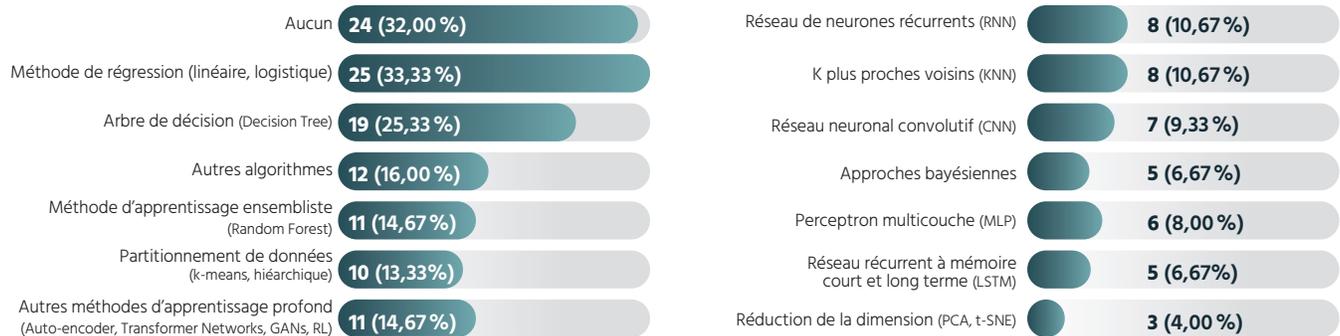


Q9. Utilisez-vous des **outils d'apprentissage automatique automatisés** (incluant AutoML, les plateformes (« plug and play » comme H2O, KNIME, DataBricks, Domino Data Lab, etc.) dans le cadre de votre travail ?



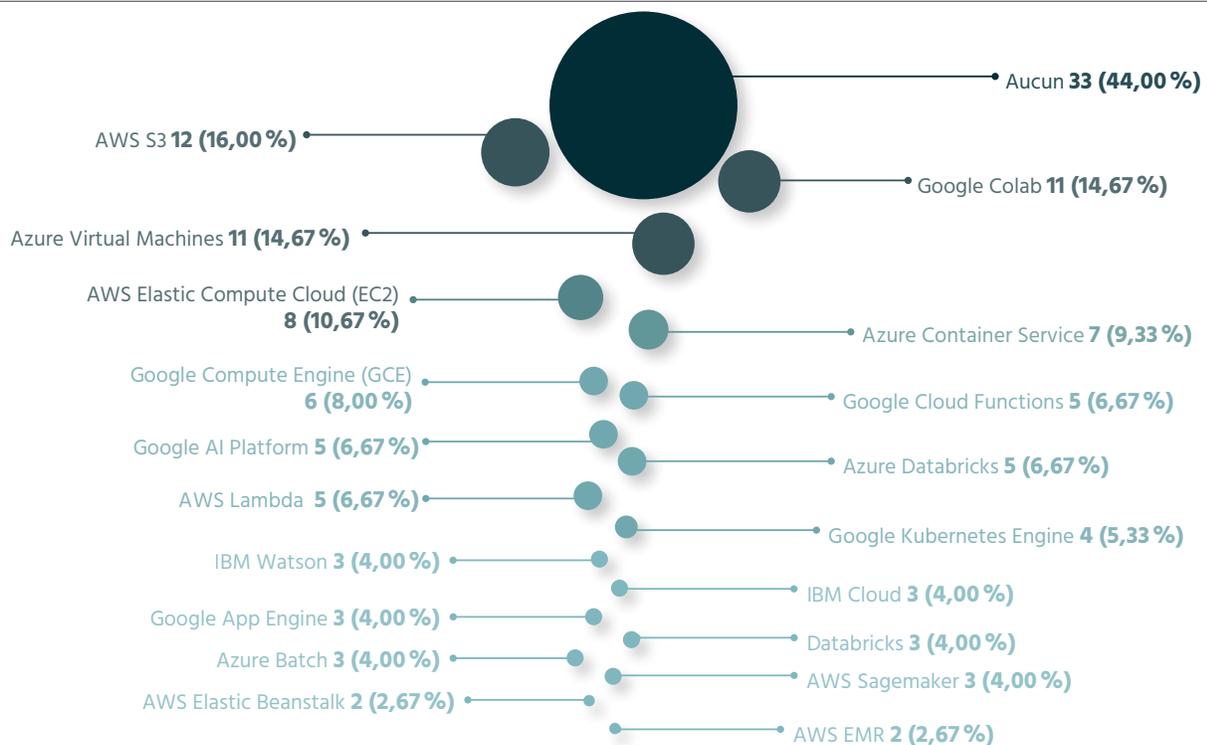
## Section E ALGORITHMES

Q10. Parmi les méthodes d'apprentissage automatique suivantes, veuillez sélectionner celles **que vous utilisez le plus régulièrement** dans le cadre de votre travail : (Nombre de fois où un algorithme fait partie du top 3)



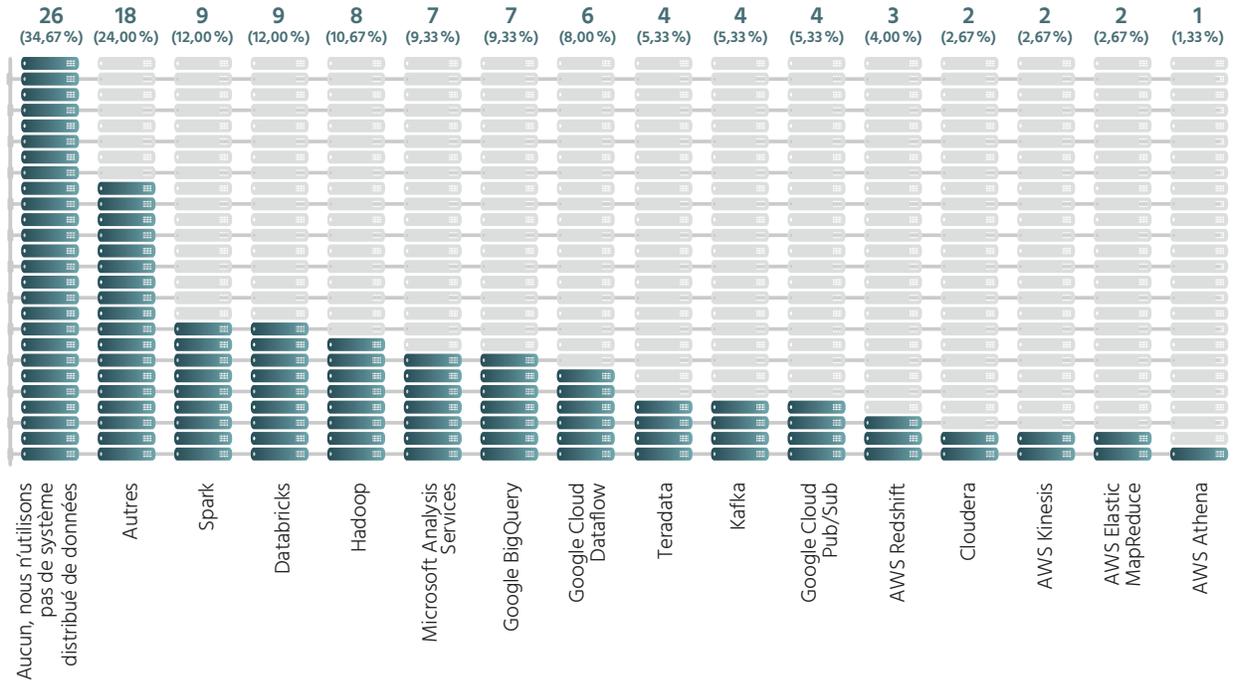
## Section F CLOUD

Q11. Parmi les produits **cloud computing** suivants, veuillez sélectionner **ceux que vous utilisez régulièrement** dans le cadre de votre travail : (Nombre de fois où un choix a été sélectionné)

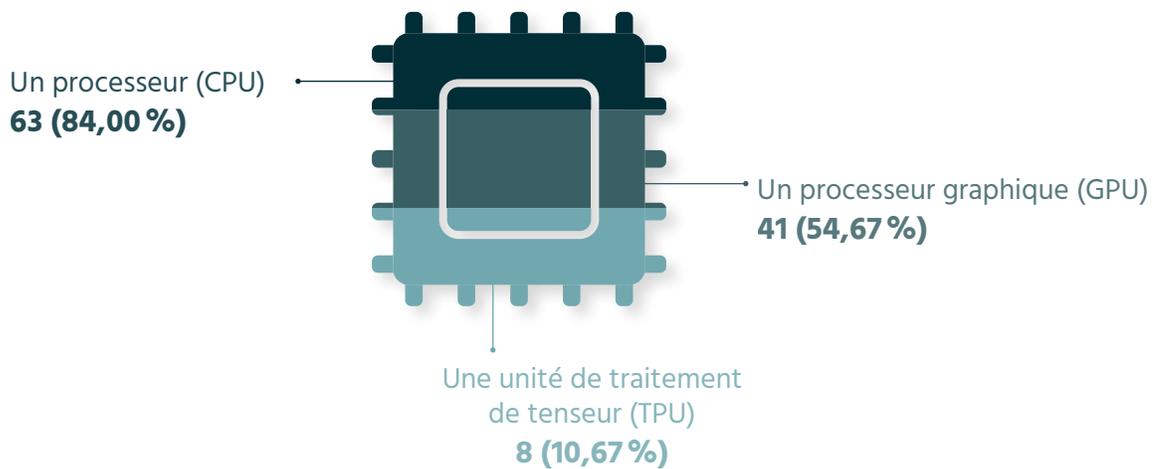


## Section G DONNÉES

Q12. Parmi les technologies d'infrastructure et bases de données suivantes, veuillez sélectionner celles que vous utilisez régulièrement dans le cadre de votre travail : (Nombre de fois où un choix a été sélectionné)



Q13. Sur quels types de matériel entraînez-vous vos modèles ? (Nombre de fois où un choix a été sélectionné)



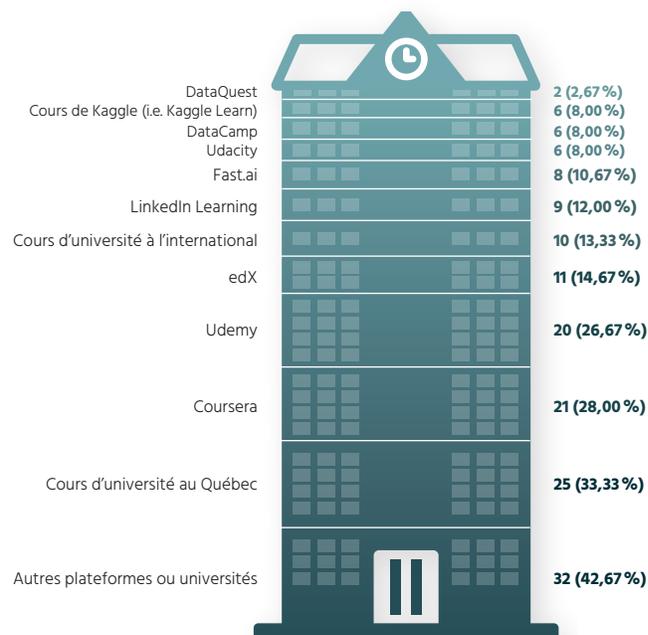
## Section H SOFT SKILLS

Q14. Selon vous, quelles sont les **qualités les plus importantes** à votre métier?  
(Matrice Rang / Qualité en fonction du nombre de réponse)

La curiosité	25 (33,33 %)
Le sens intrapreneurial /entrepreneurial	12 (16,00 %)
Le bilinguisme	12 (16,00 %)
Les communications	10 (13,33 %)
La vulgarisation	10 (13,33 %)
Les relations interpersonnelles	6 (8,00 %)

## Section I AUTOFORMATION ET RESSOURCES

Q15. Parmi les **plateformes ou universités suivantes**, veuillez sélectionner celles que **vous avez utilisé** pour vos **cours de science des données** (Nombre de fois où un choix a été sélectionné)

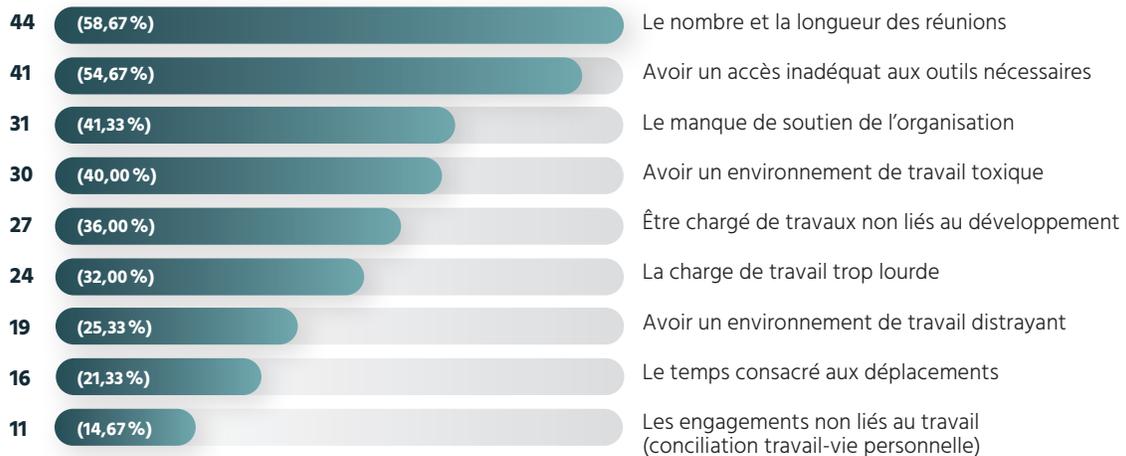


## Section J ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

Q16. Maintenant, imaginez que vous devez **décider entre deux offres d'emploi** avec la même rémunération, les **mêmes avantages** et le **même emplacement**. Parmi les facteurs suivants, quels sont les **3 plus importants** pour vous ?  
(Matrice Rang / Facteur en fonction du nombre de réponse)

La possibilité de faire du travail à distance	<b>18 (24,00 %)</b>
Les opportunités de développement professionnel	<b>13 (17,33 %)</b>
L'importance ou l'impact de mon travail au sein de l'entreprise	<b>11 (14,67 %)</b>
Le département ou l'équipe spécifique dans lequel je travaillerais	<b>9 (12,00 %)</b>
L'environnement de bureau ou la culture d'entreprise	<b>7 (9,33 %)</b>
La flexibilité de l'horaire	<b>7 (9,33 %)</b>
L'industrie dans laquelle je travaillerais	<b>6 (8,00 %)</b>
Les langages, frameworks et autres technologies avec lesquelles je travaillerais	<b>2 (2,67 %)</b>
La performance financière ou le statut de financement de l'entreprise ou de l'organisation	<b>1 (1,33 %)</b>
La diversité de l'entreprise ou de l'organisation	<b>1 (1,33 %)</b>

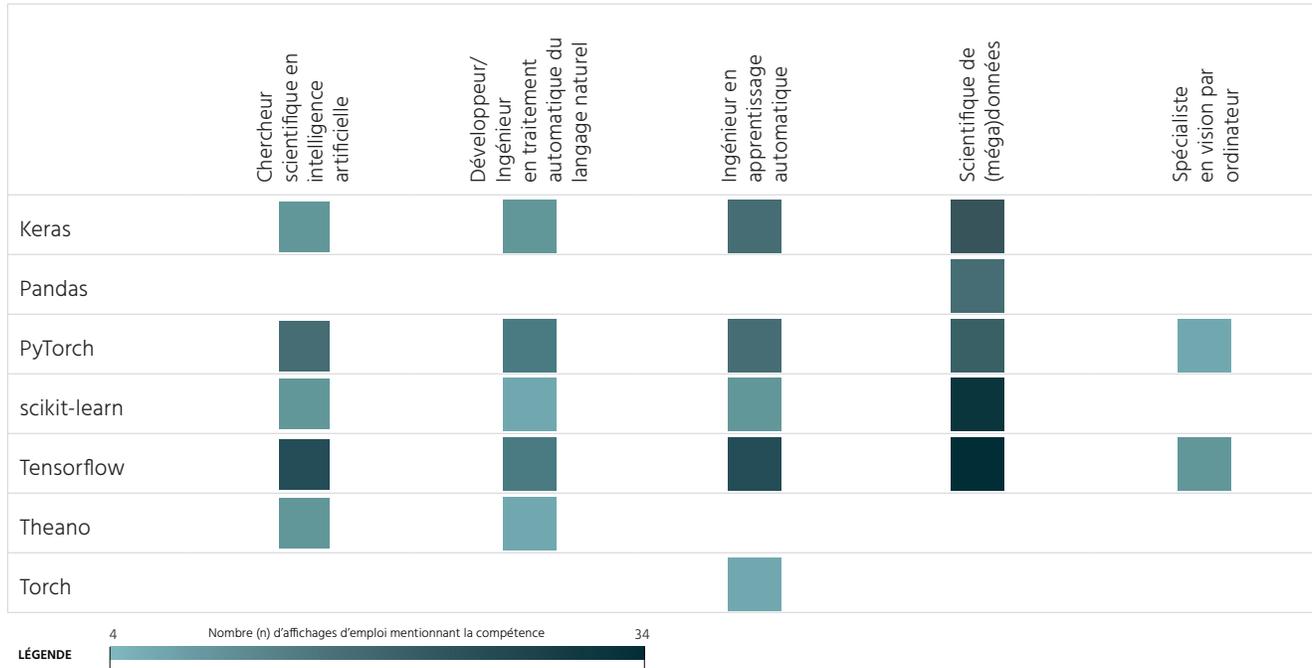
Q17. Parmi ces **options**, quels sont vos **plus grands défis à la productivité** en tant que développeur ?  
(Nombre de fois où un choix a été sélectionné)



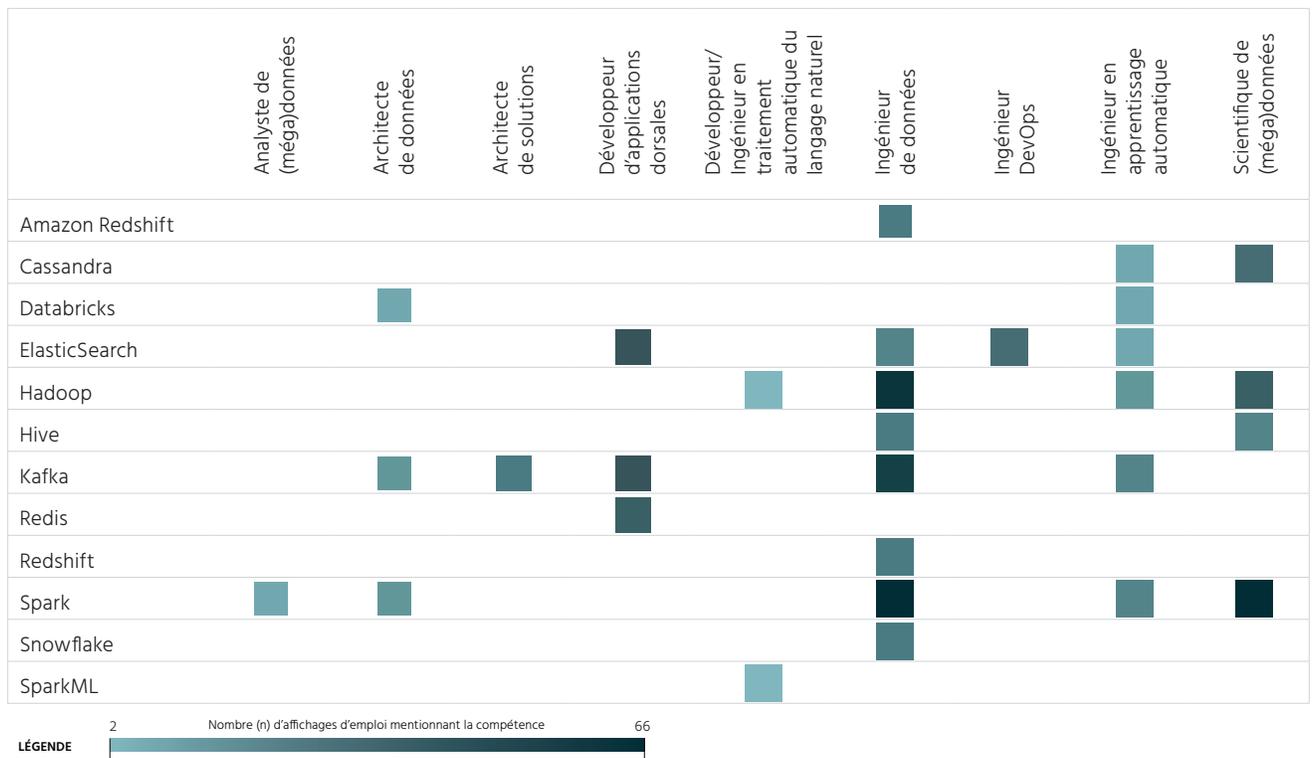


## Matrice Emploi /Outils numériques et technologies

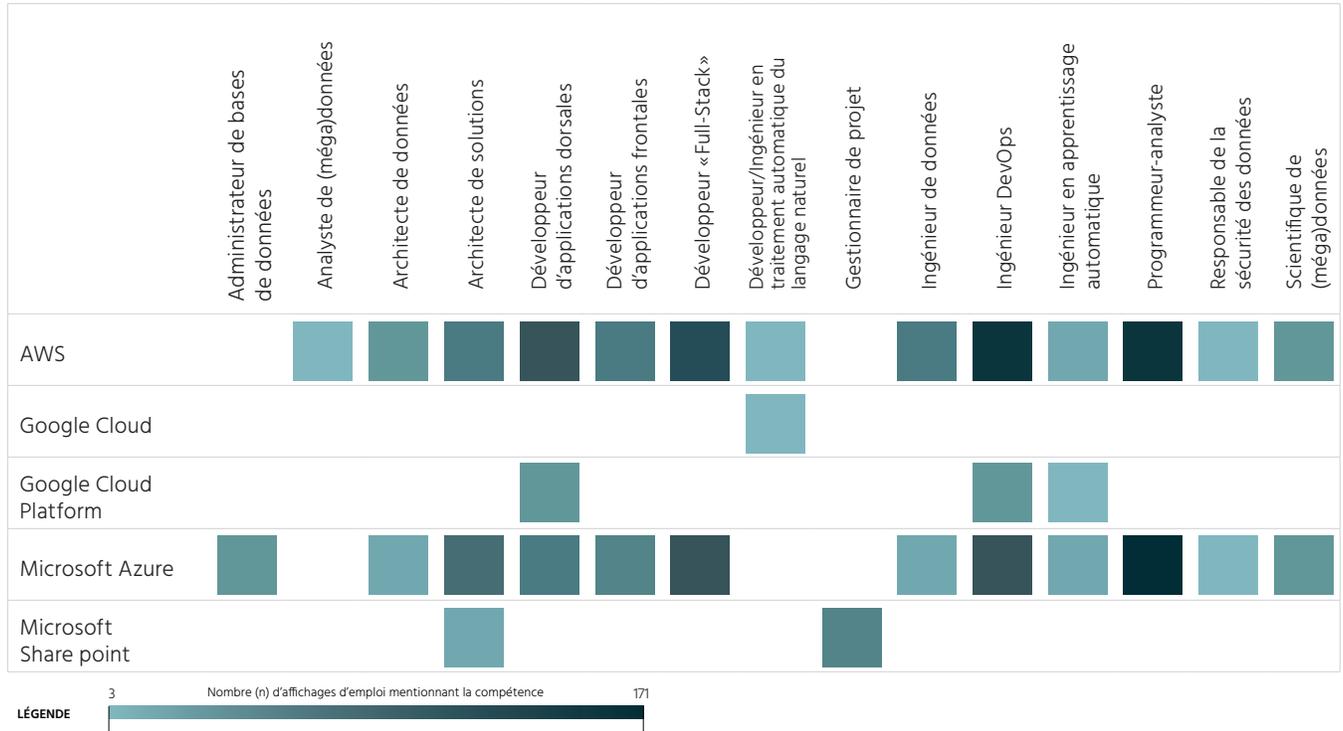
### OUTILS D'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE



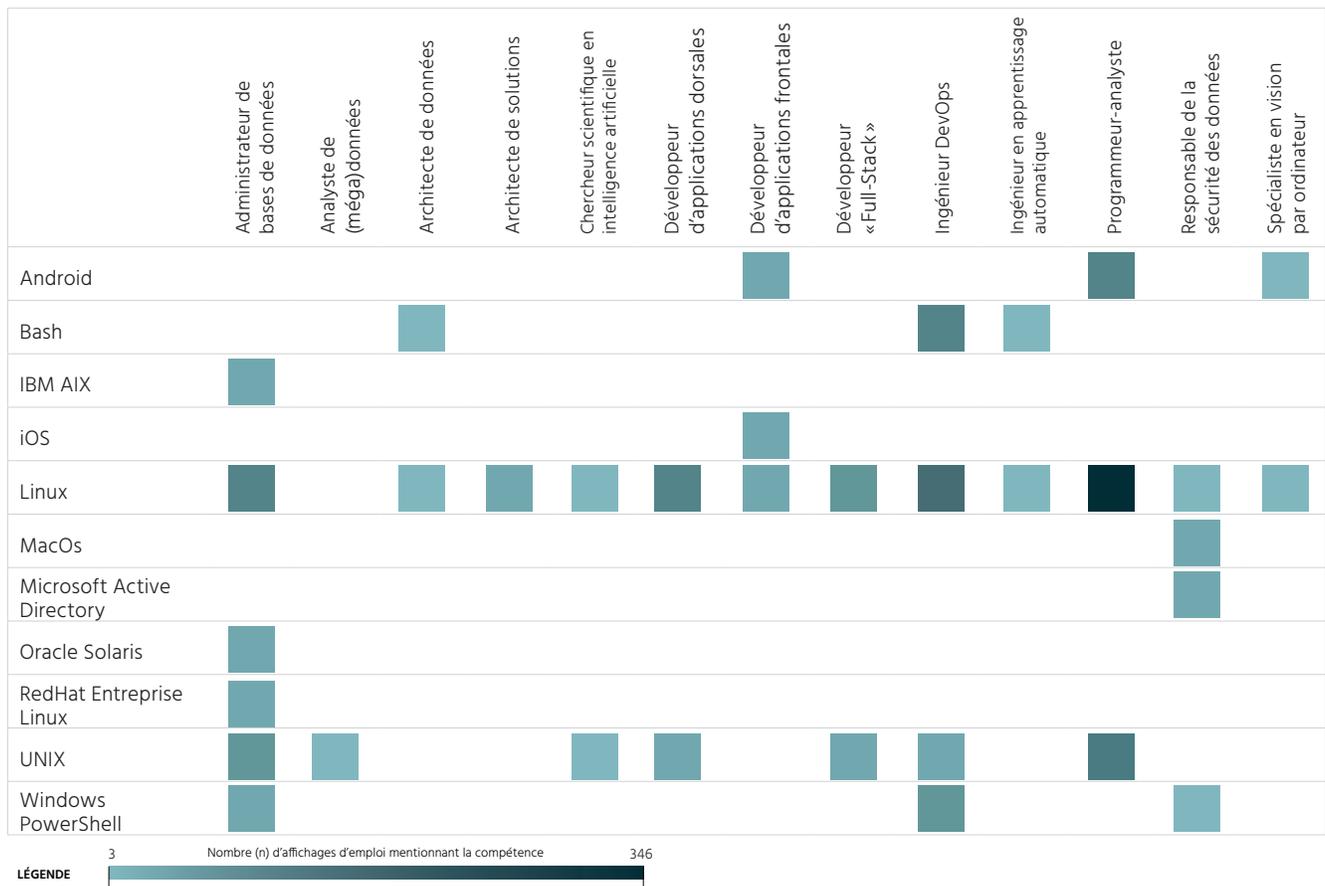
### OUTILS DE MÉGADONNÉES



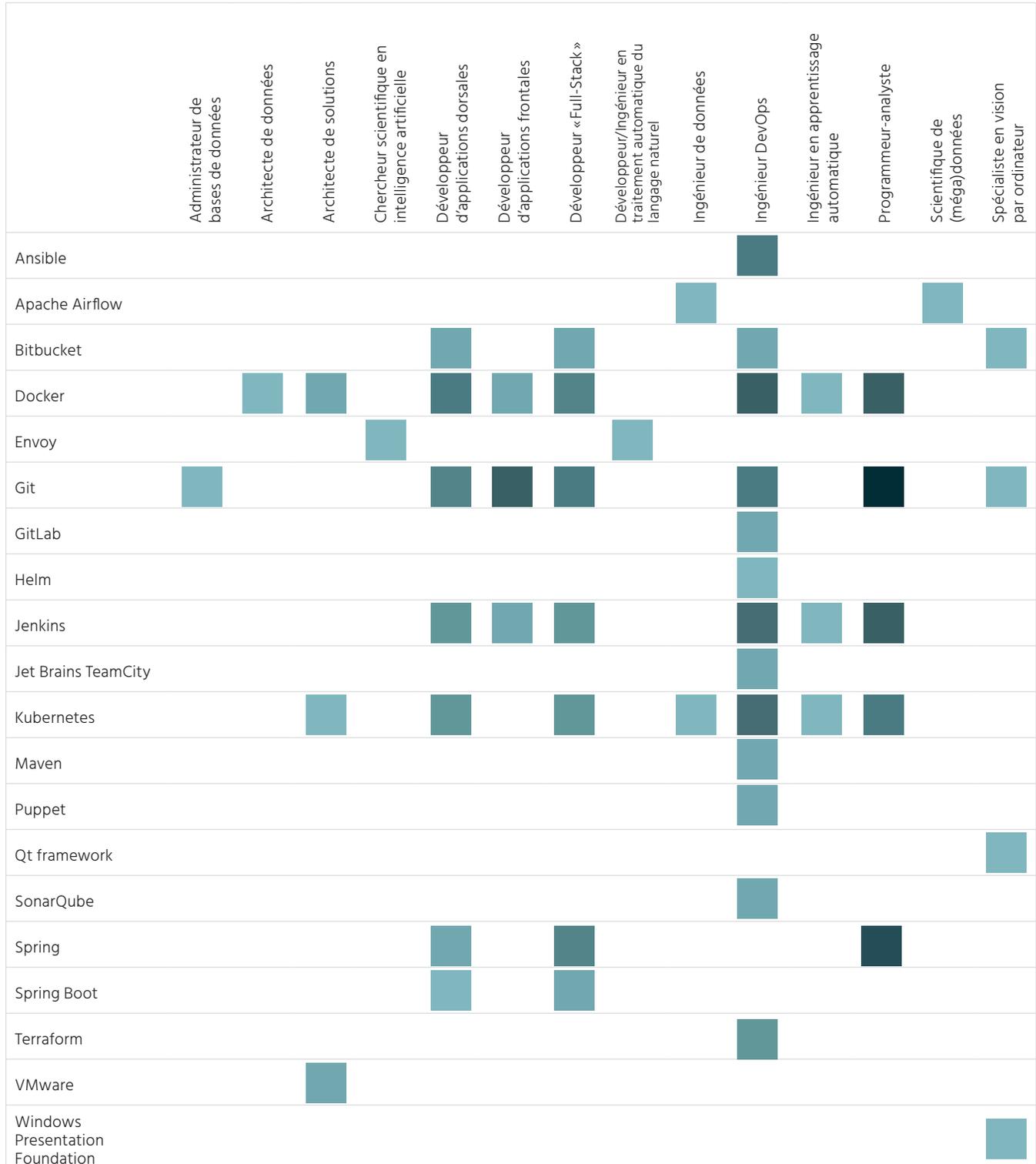
## SERVICES EN INFONUAGIQUE



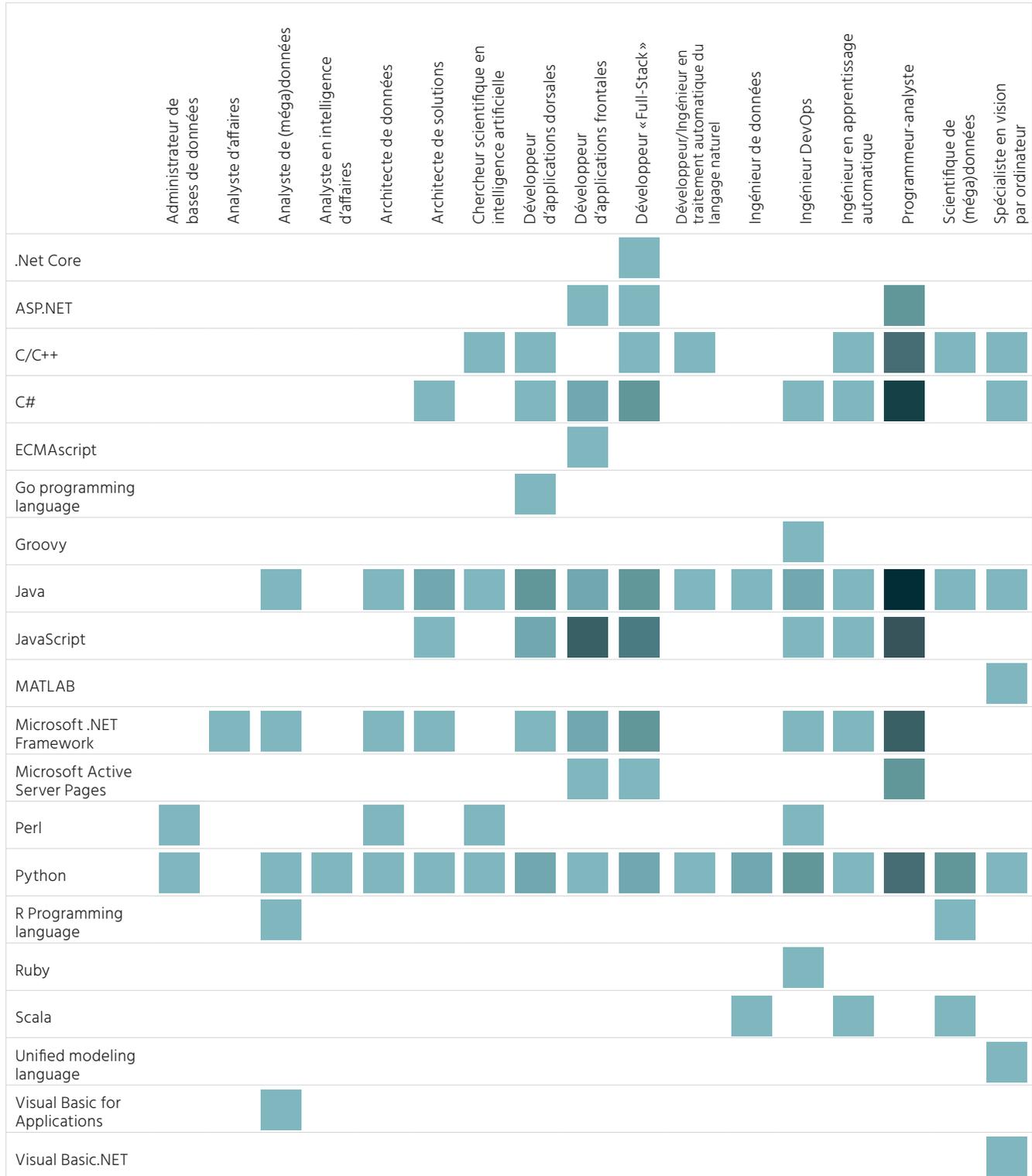
## SYSTÈMES D'EXPLOITATION



## DÉVELOPPEMENT LOGICIEL



## LANGAGES DE PROGRAMMATION

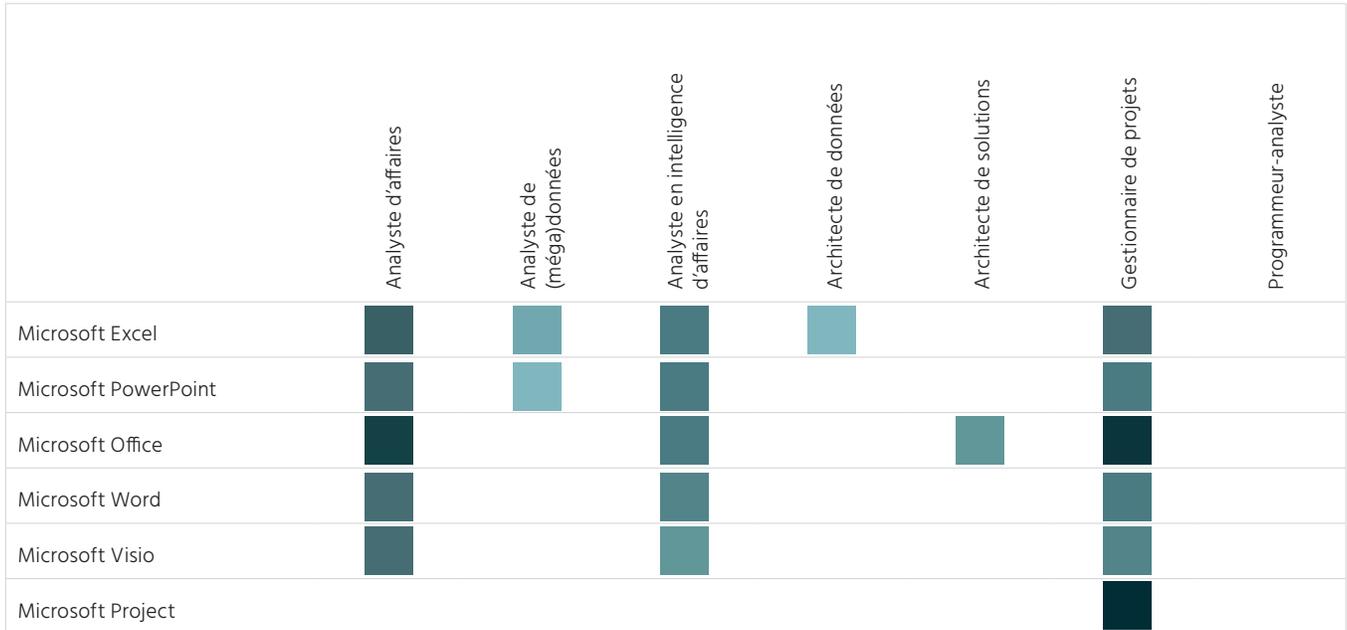


## BASES DE DONNÉES

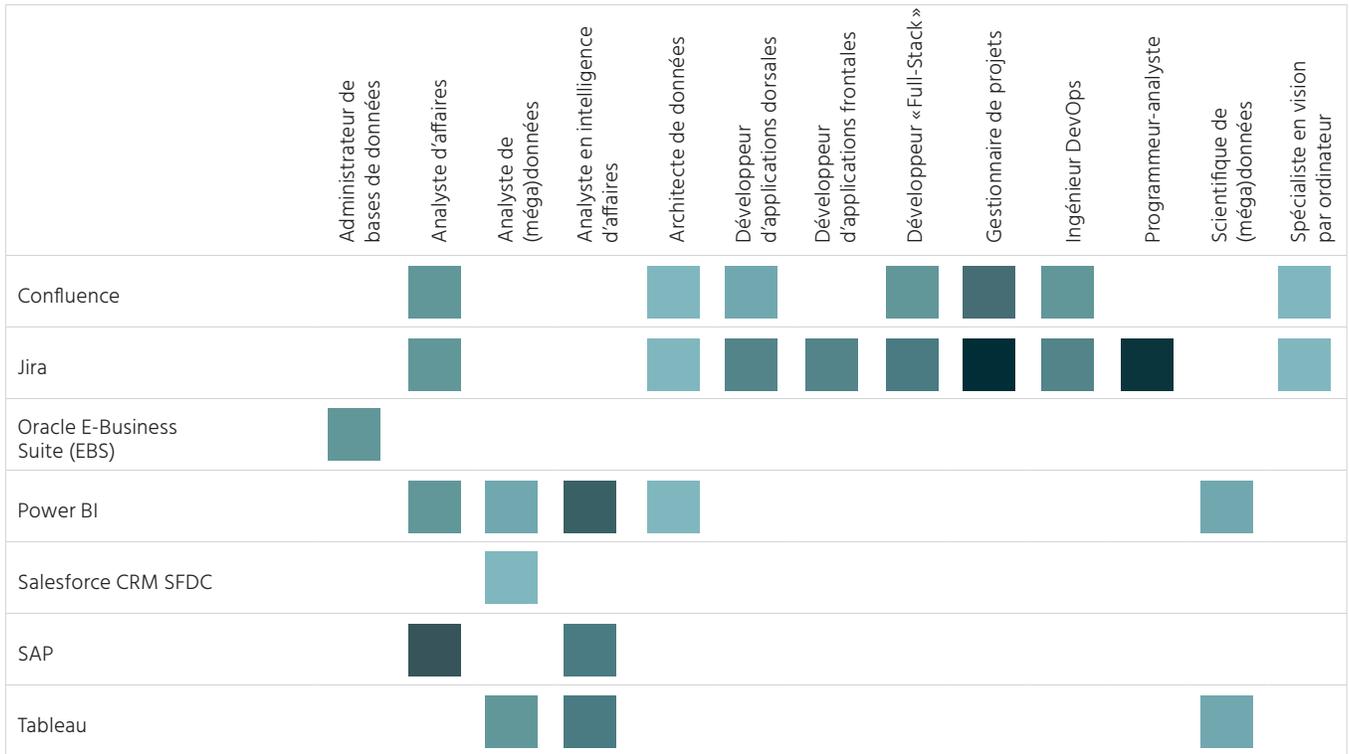


LÉGENDE 3 Nombre (n) d'affichages d'emploi mentionnant la compétence 732

## BUREAUTIQUE



## LOGICIELS D'ENTREPRISE



## TECHNOLOGIES WEB



## Liste des figures

<b>Figure 1</b>	Le niveau d'intégration des méthodes de machine learning (ML) des entreprises embauchant un professionnel en intelligence numérique	12
<b>Figure 2</b>	Arrivée d'entreprises internationales à Montréal (Investissement Québec, 2019)	13
<b>Figure 3</b>	Forces et faiblesses des acteurs de l'écosystème québécois en IA (Forum IA Québec, 2018, p. 13)	15
<b>Figure 4</b>	Financement public annoncé pour le développement de l'IA au Québec depuis 2016 (Forum IA Québec, p. 14)	17
<b>Figure 5</b>	Les algorithmes les plus utilisés (n=75)	22
<b>Figure 6</b>	Les cadres d'apprentissage automatique les plus utilisés (n=75)	22
<b>Figure 7</b>	Schématisation d'AlexNet	24
<b>Figure 8</b>	Schématisation d'un traitement distribué de données	26
<b>Figure 9</b>	Les produits infonuagiques les plus régulièrement utilisés dans le cadre du travail d'un professionnel en intelligence numérique	27
<b>Figure 10</b>	Les technologies de mégadonnées les plus régulièrement utilisées dans le cadre du travail d'un professionnel en intelligence numérique	28
<b>Figure 11</b>	Les cinq activités constituant la plus grande partie du rôle d'un scientifique de données	31
<b>Figure 12</b>	Facteurs déterminant l'embauche en intelligence numérique	74
<b>Figure 13</b>	Les compétences générales essentielles	76
<b>Figure 14</b>	Les compétences humaines essentielles	77

## Bibliographie

**AI Business (2020), Gartner predicts 80% of line-of-business leaders will override decisions made by AI**, [En ligne], [https://aibusiness.com/document.asp?doc\\_id=762079](https://aibusiness.com/document.asp?doc_id=762079) (page consultée le 16 décembre 2020)

**CIFAR (2020)**. Building an AI World: Report on National and Regional AI Strategies, 48p.

**Davenport, T.H. (2018)**. «(From Analytics to artificial intelligence)», *Journal of Business Analytics*, 1(2), 73-80.

**Deloitte (2019)**. L'impératif de l'IA au Canada: Des prédictions à la prospérité. *Omnia AI*, 28 p.

**Forum IA Québec (2018)**. Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle, 93 p.

**Gagné Jean-François (2019), Global AI Talent Report 2019**, [En ligne], <https://jfgagne.ai/talent-2019/>, (page consultée le 16 décembre 2020)

**Gartner (2020), AI in the Enterprise: Vertical Solutions on the Horizon**, [En ligne], <https://blogs.gartner.com/svetlana-sicular/ai-in-the-enterprise-vertical-solutions-on-the-horizon/> (page consultée le 16 décembre 2020)

**Huselid, M. A. & Minbaeva, D. (2018)**. «Big Data and Human Resource Management», dans *Sage Handbook of Human Resource Management* (2<sup>nd</sup> edition), Wilkinson, A., Bacon, Lepak, L., & Snell, S. (Eds).

**IDC (2020). Worldwide Spending on Artificial Intelligence Is Expected to Double in Four Years, Reaching \$110 Billion in 2024, According to New IDC McKinsey & Company (2020), Beyond hiring: How companies are reskilling to address talent gaps**, [En ligne], <https://www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/beyond-hiring-how-companies-are-reskilling-to-address-talent-gaps> (page consultée le 16 décembre 2020)

**McKinsey & Company (2017). How to win in the age of analytics?** [En ligne], <https://www.mckinsey.com/businessfunctions/mckinsey-analytics/our-insights/how-to-win-in-the-age-of-analytics> (page consultée le 16 décembre 2020)

**Ren, L., Zhang, L., Tao, F., Zhao, C., Chai, X., & Zhao, X. (2015)**. «(Cloud Manufacturing: From Concept to Practice)». *Enterprise Information Systems*, 9, 186- 209.

**Reynolds Christopher (2018)**. «(Canadian firms lagging behind in artificial intelligence adoption)», *The Globe and Mail*, [En ligne], <https://www.theglobeandmail.com/business/article-canadian-firms-lagging-behind-in-artificial-intelligence-adoption/> (page consultée le 16 décembre 2020)

**Spending Guide**, [En ligne] <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS46794720> (page consultée le 16 décembre 2020).

**TECHNO**  
COMPÉTENCES

En partenariat avec

**cem** conseil  
emploi  
métropole