

Titre: Accompagnement des entreprises québécoises dans leur adoption de l'IA : freins, facteurs et leviers de réussite - une approche mixte
Title:

Auteur: Augustin Lefebvre
Author:

Date: 2025

Type: Mémoire ou thèse / Dissertation or Thesis

Référence: Lefebvre, A. (2025). Accompagnement des entreprises québécoises dans leur adoption de l'IA : freins, facteurs et leviers de réussite - une approche mixte [Mémoire de maîtrise, Polytechnique Montréal]. PolyPublie.
Citation: <https://publications.polymtl.ca/71712/>

 Document en libre accès dans PolyPublie
Open Access document in PolyPublie

URL de PolyPublie: <https://publications.polymtl.ca/71712/>
PolyPublie URL:

Directeurs de recherche: Nathalie De Marcellis-Warin, & Thierry Warin
Advisors:

Programme: Maîtrise recherche en génie industriel
Program:

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

**Accompagnement des entreprises québécoises dans leur adoption de l'IA :
freins, facteurs et leviers de réussite - une approche mixte**

AUGUSTIN LEFEBVRE

Département de mathématiques et de génie industriel

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

Génie industriel

Novembre 2025

POLYTECHNIQUE MONTRÉAL

affiliée à l'Université de Montréal

Ce mémoire intitulé :

Accompagnement des entreprises québécoises dans leur adoption de l'IA : freins, facteurs et leviers de réussite - une approche mixte

présenté par **Augustin LEFEBVRE**

en vue de l'obtention du diplôme de *Maîtrise ès sciences appliquées*

a été dûment accepté par le jury d'examen constitué de :

Yabo-Octave NIAMIÉ, président

Nathalie DE MARCELLIS-WARIN, membre et directrice de recherche

Thierry WARIN, membre et codirecteur de recherche

Simon BOURDEAU, membre

DÉDICACE

« Pour la vie, devant soi »

REMERCIEMENTS

Je tenais à remercier ma famille, Eugénie, Victorien, Maman et Papa, sans qui je n'aurai jamais eu, ni la force, ni la chance de venir ici. J'arrive très vite !

Je tenais à remercier Nathalie de Marcellis-Warin et Thierry Warin, mes co-directeurs pour la maîtrise. Merci à eux de m'avoir donné leur confiance pour entreprendre ce sujet, et de m'avoir introduit à ce champ d'étude ainsi qu'au milieu de la recherche. Merci enfin de m'avoir épauler aux moments opportuns.

Je remercie les amis rencontrés à Montréal : Hakim, Aurélien, Clément, Maya, Lolo, Hortie, Charles, Laury-Ann, Axel, Inès, Pec, Mary, Camille, Adèle, Ronan, Amiel, Hélo, les gens du Labo, les 222, la TT et ceux du Crakito, sans qui cette expérience n'aurait pas été la même ! Merci à vous de m'avoir poussé vers une voie qui, je l'espère, sera celle que j'emprunterai.

Merci aux gens du CIRANO, qui ont pût égayer mes journées. Merci pour les sourires, les discussions, les livres, les bonjours, les au revoirs et les 'bonne-chance !'.

Je souhaitais aussi remercier mes colocataires, Hugo, Cassandra, Charly, Stéphane, Lilou, Stella, Léon, Elsa, Clara, Antoine et Manon, qui ont partagé un peu de ma vie durant cette épopée.

Merci Juliette pour les rires, les aventures, les conseils et le soutien.

Je tenais enfin à remercier plusieurs camarades. Merci alors à René, Paul, George, Aldous, Milan, Victor, Albert, Marguerite, John, Jean, Louis, Sylvain, Paulo et d'autres qui se reconnaîtront sans doute. Vous qui m'avez tant appris, tant offert, sans jamais me rien demander.

Si nous sommes bien, comme dirait l'autre, la somme de ceux que nous aimons, je suis heureux de vous avoir à mes côtés.

RÉSUMÉ

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un mandat de recherche au CIRANO visant à mieux comprendre les conditions favorisantes ou freinant l'adoption de l'intelligence artificielle (IA) au sein des entreprises québécoises, et notamment le rôle des structures d'accompagnement dans ce processus. Plus précisément, il a pour objet la conception et la mise à l'essai d'un questionnaire d'enquête à grande échelle destiné à mesurer ces dynamiques d'adoption.

Pour ce faire, la première partie, dédiée à la revue de littérature, a permis de définir les concepts clés de l'adoption de l'IA, et d'en exposer les relations: littératie en IA, maturité numérique, processus d'innovation en IA, freins à l'adoption, bénéfices à l'adoption, accompagnement en IA, variables socio-économiques de l'entreprise impliquées.

La deuxième partie, relative à la méthodologie, a pour but de formuler, à partir des enseignements de la littérature, les propositions qui décrivent ces relations entre variables. Un guide d'entrevue à destination des structures d'accompagnement en IA a été construit pour étudier le bien-fondé des propositions de recherche, la légitimité des concepts dans le modèle d'adoption de l'IA et la validité des indicateurs utilisés pour mesurer ces concepts.

Afin d'obtenir une mesure future des différents concepts, le mémoire présente la construction d'un questionnaire à destination des entreprises, ainsi que la méthode pour l'enquête par sondage associée. Afin de construire ce questionnaire, nous avons fait une revue des outils préexistants, afin d'étudier les items utilisés et leurs formulations. Les choix méthodologiques relatifs à l'identification des populations de répondants aux entrevues et au sondage sont présentés dans cette même partie.

La troisième partie, consacrée aux résultats présente les observations de 15 répondants appartenant à 9 structures d'accompagnement (parmi les plus importantes de l'écosystème en IA au Québec).

Les résultats préliminaires témoignent que le modèle de description du phénomène d'adoption de l'IA, fondé sur l'étude d'un premier projet dont les performances influencent la propension des entreprises à poursuivre l'adoption, se rapproche fortement de la réalité.

Ensuite, les représentants des organisations accompagnantes ont permis d'identifier les principaux freins et facteurs à l'adoption. D'après les résultats, un niveau de littératie en IA globalement faible ralentit l'adoption. Ce frein se répercute sur de nombreux autres : mauvaise compréhension du processus d'adoption, inadéquation des technologies aux besoins, perception biaisée du coût réel de l'IA. L'aspect financier occupe selon plusieurs accompagnateurs une place aussi très importante, surtout chez les PME. La stratégie gouvernementale, basée notamment sur des financements incitant les entreprises à investir en IA, fonctionne dans une moindre mesure : une fois les financements épuisés, les projets en IA en phase expérimentale sont pour beaucoup abandonnés.

Les structures d'accompagnement jouent plusieurs rôles dans ce processus d'adoption technologique : formation, mise en relation avec divers acteurs, allocation de subventions gouvernementales, partage de ressources et transfert de connaissances. Les participants aux entrevues ont été nombreux à faire état d'un rôle d'éducateur : aider les entreprises à démêler le vrai du faux autour des questions d'IA, à comprendre leur besoin et leur maturité technologique.

L'écosystème et ses acteurs ont un impact limité dans l'adoption de l'IA à grande échelle. Leur nombre ne suffira pas à appuyer suffisamment d'entreprises pour atteindre les 10% d'adoption voulus par le gouvernement. Ils jouent néanmoins un rôle essentiel pour la mise en pratique de la stratégie québécoise en intelligence artificielle.

Finalement, cette étude a permis de consigner et d'analyser les réflexions de plusieurs membres de l'écosystème d'accompagnement en IA, orientées autour des questions de son adoption par les

entreprises. L'étude a aussi enrichi la méthode d'une étude quantitative à grande échelle qui permettra d'appuyer ces résultats préliminaires.

ABSTRACT

This research project is part of CIRANO's mandate to develop a better comprehension of the conditions that facilitate or hinder AI adoption in Québec's companies, and in particular the role of the collaboration organizations as a part of this process. More precisely, the aim of it is the conception and testing of a survey dedicated to measure the phenomenon.

To do so, the first part, dedicated to the literature review, allowed us to define the key concepts of IA adoption, and to shed light on their relationships: AI literacy, digital maturity, Ai innovation processes, barriers to adoption, benefits of adoption, collaboration mechanisms, and the socio-economics variables involved.

The second part, related to methodology, achieved the objective of formulating, thanks to the literature review, the main hypothesis describing the relationships between variables. An interview guide, aimed at collaborative organizations was created to assess the accuracy of the research hypothesis, the legitimate of the concepts used in the Ai adoption describing model, and the validity of the indicators used to measure those concepts.

To make a measure of those concepts, the paper presents the construction of a survey, aimed to companies of the province of Québec, as well as the method associated. To do so, we made a review of the pre-existing survey to evaluate the items used and the formulations. Methodological choices related to the identification of both interview and survey respondent's population are also presented in this section.

The results section presents the observations formulated by 15 respondents of 9 of the most important collaborative structures in Québec's AI ecosystem. The preliminary results suggest that

the AI adoption model used in the survey, based on a first project which performance influence the propensity of pursuing adoption, is close to reality.

Then, participants helped identifying the main factors affecting adoption. According to the observations, a generally low level of AI literacy is slowing down the adoption of AI. This barrier reflects on others: misunderstanding of the adoption process, inadequacy of technologies and needs, and biased perception of AI real cost. Financial aspects are also a main factor according to respondents, especially for SMEs. The government strategy, based on incentive fundings for programs, is working more or less: once the fundings drained, many AI projects are left behind.

Collaborative organizations play many roles in this technological adoption process: training activities, networking with actors of the ecosystem, subvention allocation, resources' mobilization, and knowledge transfer. Participants were numerous to indicate the educational role: helping companies understand the reality behind AI, understand their needs and evaluate their digital maturity.

However, the ecosystem and its actors have a limited impact on large-scale AI adoption. Their number will not be sufficient to support enough companies to achieve the 10% of adoption wanted by the government. Even though, they have a key role to play in the implementation of Québec's AI strategy.

Finally, this study aimed to document and analyse the perspectives of several members of the collaborative AI ecosystem, regarding companies' adoption. The study contributed to improving the methodology for a quantitative survey designed to verify these preliminary finding.

TABLE DES MATIÈRES

DÉDICACE.....	III
REMERCIEMENTS	IV
RÉSUMÉ.....	V
ABSTRACT	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	XIII
LISTE DES FIGURES.....	XIV
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	XV
LISTE DES ANNEXES.....	XVI
CHAPITRE 1 INTRODUCTION.....	1
1.1 Objectifs de l'étude	3
1.2 Déroulé de l'étude	3
CHAPITRE 2 MISE EN CONTEXTE	5
2.1 Concept d'IA	5
2.2 Une adoption difficile.....	6
2.3 L'écosystème québécois en matière d'IA	7
2.4 Conclusion.....	16
CHAPITRE 3 REVUE DE LITTÉRATURE	18
3.1 IA : fonctionnement, évolution et technologies	18
3.2 Adoption de l'IA dans les organisations	23
3.2.1 Définition de l'adoption de l'IA dans les organisations.....	23
3.2.2 Déroulé d'un projet en IA	26
3.2.3 Performance des projets en IA et adoption	28
3.2.4 Pourquoi adopter l'IA?	30

3.2.5	Freins à l'adoption de l'IA	33
3.2.6	L'importance de la maturité numérique pour l'adoption de l'IA.....	40
3.2.7	Littératie en IA	45
3.2.8	Tendances de l'adoption de l'IA	49
3.2.9	Conclusion.....	51
3.3	L'accompagnement et la collaboration pour la réussite des projets en IA.....	52
3.3.1	L'écosystème : un facilitateur pour l'adoption de l'IA	52
3.3.2	Limites à l'impact de l'accompagnement	56
3.4	Conclusion.....	58
CHAPITRE 4	MÉTHODOLOGIE	59
4.1	Formulation des propositions de recherche.....	59
4.2	Modèle conceptuel de l'adoption de l'IA en entreprise	64
4.3	Population cible et échantillonnage	65
4.4	Construction du guide d'entrevue	67
4.5	Construction du questionnaire	72
4.5.1	Maturité numérique	73
4.5.2	Littératie en IA	75
4.5.3	Projet en IA	77
4.5.4	Description du projet en IA.....	80
4.5.5	Prévision du projet en IA	83
4.5.6	Aide à l'adoption.....	83
4.5.7	Prévision aide à l'adoption	84
4.5.8	Données socio-économiques	85
4.5.9	Données du répondant.....	85

4.6	Prétest du questionnaire	86
4.7	Encodage du questionnaire en ligne.....	87
4.8	Administration du questionnaire	88
4.9	Test du sondage.....	89
CHAPITRE 5 RÉSULTATS ET ANALYSE DES ENTREVUES.....		93
5.1	Description de l'adoption de l'IA et de ses dimensions.....	98
5.2	Facteurs limitants à l'adoption de l'IA.....	100
5.3	Lien entre le profil socio-économique des entreprises et les facteurs limitants.....	103
5.4	Mesure de la réussite des projets en IA.....	106
5.5	Facteurs de réussite des projets en IA	108
5.6	Une pluralité d'accompagnement pour chaque cas.....	110
5.7	Comment l'accompagnement influence l'adoption de l'IA	115
5.8	Limites de l'accompagnement	118
5.9	Reformulation des propositions de recherche en hypothèses.....	123
CHAPITRE 6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....		130
6.1	Conclusions	130
6.2	Recommandations	131
6.3	Limites et poursuite de la recherche.....	132
RÉFÉRENCES.....		136
ANNEXES		147

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 Catégorie d'acteurs et exemples d'acteurs dans l'écosystème québécois	10
Tableau 3.1 Définition des technologies de l'IA (d'après la traduction de l'auteur)	21
Tableau 3.2 Étapes d'un projet en IA	27
Tableau 4.1 Concept et question : Maturité numérique	74
Tableau 4.2 Concept et question : rapport à l'IA	77
Tableau 4.3 Concept et question : Projet en IA	78
Tableau 4.4 Concept et question : Bénéfices recherchés en IA	78
Tableau 4.5 Concept et question : Freins à l'adoption	79
Tableau 4.6 Note pour le répondant	81
Tableau 4.7 Concept et question : Description du projet en IA	81
Tableau 4.8 Concept et question : Performance du projet en IA	82
Tableau 4.9 Concept et question : volonté de mener de nouveaux projets en IA	82
Tableau 4.10 Concept et question : Aide à l'adoption	84
Tableau 4.11 Concept et question : Données socio-économiques	85
Tableau 4.12 Concept et question : Données du répondant	86
Tableau 5.1 Système d'encodage utilisé sur les transcriptions	94
Tableau 5.2 Postes des participants aux entrevues	95
Tableau 5.3 Profil des structures d'accompagnement rencontrées	96
Tableau 5.4 Attribution des structures d'accompagnement aux différentes catégories	97
Tableau E. 1 Transformation des variables	185
Tableau H. 1 Correspondances code - transcription	239

LISTE DES FIGURES

Figure 3.1 : Schéma de fonctionnement conceptuel des SIA (<i>AI Principles Overview</i> , s. d.).....	19
Figure 3.2 : Les méthodes et technologies de l'IA (Nrip, 2022).....	21
Figure 3.3 : Le modèle conceptuel TAM (Bryan & Zuva, 2021)	25
Figure 3.4 : Le modèle TOE de décision d'innovation (Bryan & Zuva, 2021)	34
Figure 3.5 : Ensemble des freins à l'adoption de l'IA identifiés par l'étude (Alshahrani et al., 2024) (traduction de l'auteur).....	35
Figure 3.6 : Poids de chaque frein à l'adoption de l'IA dans le modèle de l'étude (Alshahrani et al., 2024).....	36
Figure 3.7 : Dimensions de l'adoption de l'IA et leurs facteurs internes (Tehrani et al., 2024) (traduction de l'auteur).....	38
Figure 3.8 : Description des dimensions de la maturité numérique selon le modèle (Aslanova & Kulichkina, 2020) (traduction de l'auteur).....	43
Figure 4.1 : Modèle conceptuel de l'adoption de l'IA au sein des entreprises	64
Figure 4.2 Statistiques test sur le score de littératie en IA	91
Figure 4.3 Statistiques test sur le score de maturité numérique	92
Figure D.1 Paramètres d'exportation du sondage (1/2)	183
Figure D.2 Paramètres d'exportation du sondage (2/2)	184
Figure G. 1 Fréquence des intersections des segments codés	238

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

La liste des sigles et abréviations présente, dans l'ordre alphabétique, les sigles et les abréviations utilisés dans le mémoire ou la thèse ainsi que leur signification. En voici quelques exemples :

IA Intelligence Artificielle

KPI Key Performance Indicators

ML Machine Learning

PME Petites et Moyennes Entreprises

ROI Return On Investment

RTO Research and Technology Organization

SIA Systèmes d'intelligence artificielle

TRL Technology Readiness Level

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A OUTIL DE MESURE : QUESTIONNAIRE	147
ANNEXE B MESSAGE DE CONTACT POUR ENTREVUES	181
ANNEXE C MESSAGE DE CONTACT POUR SONDAGE	182
ANNEXE D EXPORTATION DES RÉSULTATS	183
ANNEXE E PLAN DE TRAITEMENT DES DONNÉES	185
ANNEXE F CODE R POUR LE TRAITEMENT DU SONDAGE.....	210
ANNEXE G INTERSECTIONS DE SEGMENTS CODÉS DANS LES TRANSCRIPTIONS DES ENTREVUES.....	238
ANNEXE H EXEMPLES DE CORRESPONDANCE CODE - TRANSCRIPTION	239

CHAPITRE 1 INTRODUCTION

Ces dernières années, l'intelligence artificielle (IA) s'est imposée comme un sujet central dans le débat public, suscitant tout à la fois fantasme et appréhension. Bien que le concept d'IA remonte aux années 1950, sa popularité a explosé dernièrement avec l'avènement des IA génératives. Le phénomène ChatGPT, commercialisé en 2022, a notamment eu pour effet de populariser l'accès à ces technologies, et de les porter sur le devant de la scène médiatique.

L'IA représente désormais un enjeu de pouvoir et de puissance. A la manière de la guerre froide, où différents états ont rivalisé de tour de force et de vivacité pour se hisser à la première place dans des domaines tels que le spatial ou le nucléaire; on assiste à nouveau, avec l'IA, à une véritable compétition inter-étatique. Les pays du monde entier ont saisi l'importance de se doter de cette technologie pour accroître leur puissance, leur influence, et asseoir une souveraineté numérique ; autant économique qu'idéologique. (Chakravorti et al., 2023) Dans cette course technologique, il semble que se doter de l'IA soit devenu pour ces états une nécessité : prendre du retard dans le virage numérique en IA, c'est risquer de manquer le train à tout jamais. (Cayrat & Charles, 2021)

De fait, la technologie de l'IA présente un potentiel de transformation sociétal radical, comparable à d'autres innovations ayant métamorphosé notre monde par le passé : smartphones en 2010, internet en 2000, ordinateur personnel dans les années 90. Par ses capacités de prédiction, optimisation, analyse et optimisation, l'IA va façonner le monde. (*Apprendre ensemble pour une intelligence artificielle responsable*, 2024)

La lutte qui voit s'opposer les différentes puissances fait rage, et atteint des sommets records. L'administration Trump a lancé un plan de financement de 500 milliards sur 5 ans pour le développement de structures de calcul pour l'IA. (*Ce que l'on sait de Stargate, le projet à 500 milliards de dollars de Donald Trump dans l'intelligence artificielle*, 2025). Pékin a avancé un

montant faramineux de 60 milliards de dollars annuels pour le développement de l'IA chinoise. (*Aujourd'hui l'économie - La Chine a-t-elle déjà gagné la bataille mondiale de l'intelligence artificielle?*, 2025) De la Silicon Valley à Pékin, en passant par Bruxelles et Moscou, le monde entier joue des coudes afin de se faire une place dans un futur de l'IA.

Dans cette course effrénée, le Canada n'est pas en reste, et affiche des objectifs ambitieux. Premier pays à avoir adopté une stratégie nationale en matière d'IA, il se positionne 7^{ème} au rang des puissances de l'IA, selon le TRAIN Index (Chakravorti et al., 2023). La province du Québec, a joué son rôle dans cette percée. Elle s'illustre notamment par d'importants financements dans le milieu, qui ont permis le développement d'un écosystème de recherche de calibre mondial. (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.)

Malgré cet avantage, la province accuse un retard dans l'adoption des solutions en IA dans son économie. (McKenna, 2025) En effet, les connaissances et les innovations créées dans le milieu académique peinent à se retrouver sur le marché. Les entreprises éprouvent de nombreuses difficultés à utiliser les résultats de la recherche au sein de leurs activités. (*Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*, 2018)

Pour répondre à ce problème, certaines structures de cet écosystème en IA permettent d'accompagner les entreprises dans leur adoption de l'IA, et d'agir en tant qu'intermédiaire entre la recherche et le marché. (De Marcellis-Warin, 2022) Les entreprises qui souhaitent réaliser un projet en IA peuvent transiter par ces structures, afin de bénéficier de ressources souvent indisponibles à l'interne : finances, compétences, infrastructures de calcul.

Le gouvernement espère par ce cheminement, donner à ses entreprises l'élan nécessaire pour qu'elles puissent intégrer l'IA durablement, en acquérant les compétences nécessaires à l'interne. (*Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*, 2018)

Plusieurs interrogations émergent de ces constats : Dans quelles mesures l'accompagnement contribue-t-il effectivement à l'adoption de l'IA en entreprise? Quels sont les facteurs influençant le plus l'adoption de l'IA ? Comment les structures d'accompagnement peuvent-elles agir sur ces facteurs pour favoriser une adoption réussie ?

C'est dans ce contexte et ces questionnements que ce projet de recherche s'inscrit.

1.1 Objectifs de l'étude

Ce projet de recherche est le premier échelon d'une étude plus large visant à étudier le rôle occupé par les structures d'accompagnement dans le phénomène d'adoption de l'IA par les entreprises.

Cette recherche a pour but de poser les bases méthodologiques de cette étude. Pour ce faire, deux enquêtes seront mises sur pied lors de ce projet de recherche : l'une par entrevue semi-dirigée auprès de membres des structures d'accompagnement, et l'autre par sondage auprès d'entreprises québécoises. Celles-ci sont complémentaires et visent à consolider la validité et fiabilité de l'étude globale.

Voici les objectifs fixés pour ce projet de recherche:

- 1) Faire une description des phénomènes d'adoption de l'IA et d'accompagnement.
- 2) Mettre au point des outils et des méthodes pour étudier ces phénomènes.
- 3) Tester, appliquer, critiquer ces outils et ces méthodes.

1.2 Déroulé de l'étude

La première partie de ce mémoire sera dédiée à la mise en contexte de l'étude au Québec.

La deuxième partie sera consacrée à la revue de littérature des différents concepts qui vont régir cette étude.

La troisième partie, dédiée à la méthodologie, permettra de détailler la formalisation des propositions de recherche dans un modèle conceptuel, la construction des guides d'entrevues, la construction de l'instrument de mesure par sondage et le détail des différents choix méthodologiques pour mener à bien ces études qualitatives et quantitatives.

Ensuite, la partie résultat et analyse présentera les résultats de l'enquête par entrevue.

Enfin dans la partie conclusion, la pertinence des propositions de recherche sera discutée à la lueur des résultats des entrevues. Des recommandations seront formulées, et les limites de l'étude seront présentées.

CHAPITRE 2 MISE EN CONTEXTE

Les dernières avancées technologiques se sont montrées d'une fulgurance telle qu'il advient de détailler l'état actuel de la situation autour de l'IA. Cette mise en contexte dressera le cadre de cette étude, en détaillant d'abord les définitions autour de la sémantique d'IA, puis en décrivant l'état actuel de son adoption par les entreprises, et enfin en étudiant le positionnement stratégique du Québec face à cette technologie.

2.1 Concept d'IA

Qu'entend-on par IA ? Ce terme désormais omniprésent dans le débat public, est porteur de nombreux sens et de connotations.

Il peut tout à la fois désigner une discipline scientifique, un domaine de l'informatique, les technologies qui composent ce domaine, ou évoquer encore chez certains des concepts qui se rapprochent davantage de la science-fiction que du réel.

Le concept d'« Intelligence Artificielle », est réellement entré dans la science en 1956, comme un domaine scientifique à part entière. Cette branche de l'informatique ayant pour objectif l'étude de l'intelligence, et la transposition de ces mécanismes à l'échelle informatique, peut se définir comme :

« Ensemble des théories et des techniques développant des programmes informatiques complexes capables de simuler certains traits de l'intelligence humaine (raisonnement, apprentissage...). »
(intelligence - Définitions, synonymes, prononciation, exemples | Dico en ligne Le Robert, s. d.)

Il est nécessaire de rappeler la distinction trop souvent effacée entre science et science-fiction, technologies d'IA actuelles ou de demain, entre capacités réelles et hypothétiques.

Si l'on segmente les technologies d'IA selon leurs capacités, l'ensemble des technologies d'IA produites à ce jour peuvent être regroupées sous l'appellation d'« IA faible »(Fontenille, 2024) :

« L'IA faible est une intelligence artificielle qui reproduit un comportement intelligent dans un domaine précis. L'IA faible n'est pas capable de comprendre ses actions, mais elle peut apprendre et résoudre des problèmes spécialisés. » (Pitpitt, s. d.).

L'« IA forte » représente quant à elle :

« L'intelligence artificielle (IA) forte, également appelée intelligence artificielle générale (IAG) ou IA générale, est une forme théorique d'IA utilisée pour décrire un certain état d'esprit dans le développement de l'IA. Si les chercheurs parviennent à développer une IA forte, la machine aura une intelligence égale à celle des êtres humains ; elle aura une conscience de soi capable de résoudre des problèmes, d'apprendre et de planifier l'avenir. » (Qu'est-ce que l'IA forte ?, 2023). (Pitpitt, s. d.).

Souvent, l'appellation « intelligence artificielle » est utilisée sans distinction, pour décrire ces deux notions quoique éloignées. L'une décrit des technologies déjà éprouvées et utilisées, l'autre brosse le portrait d'une évolution envisageable des systèmes d'IA. Cet abus de langage génère une incompréhension auprès de la population quant aux capacités et aux usages de l'IA. Cette incompréhension a pu être renforcé ces dernières années avec les avancées en IA prédictive et génératives, deux techniques dont les résultats peuvent se montrer bluffant. (*Qu'est-ce que l'IA ?*, s. d.)

Pour la suite du mémoire, le simple terme d'« IA » sera utilisé pour sa praticité, faisant référence au terme d'IA faible définit ci-dessus.

2.2 Une adoption difficile

Cette partie de ce mémoire va présenter quelques chiffres relatifs à l'adoption de l'IA, témoignant de la difficulté de son adoption.

L'étude de 2017 (*mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) indiquait que sur 3073 entreprises interrogées, seules 20% ont implanté un système d'IA dans une fonction clé de leur entreprise, et seules 10% d'entre elles ont adopté plus de deux technologies. Sur 160 projets d'IA en entreprise étudiés, seulement 12% avaient dépassé la phase expérimentale. (*mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017)

Des études indiquaient en 2024 que 80% des projets en IA échouaient (Ryseff et al., 2024). Ce chiffre est d'autant plus important qu'il est le double du taux d'échec des projets en TI (Ryseff et al., 2024), et que ce taux d'échec ne semble pas s'être sensiblement amélioré au cours des dernières années : déjà en 2018, seul 31% des entreprises québécoises interrogées, ayant adopté un système d'IA, qualifiaient cette adoption de réussite. (Cayrat & Charles, 2021)

Cette adoption de l'IA, bien qu'hésitante, est en croissance depuis les dernières années : en 2025, 12,2% des entreprises interrogées par l'Enquête canadienne sur la situation des entreprises ont déclaré avoir utilisé l'IA dans des biens ou services au cours des 12 derniers mois, soit une hausse de 6,1% en un an. (Gouvernement du Canada, 2025)

Plusieurs constats peuvent être tirés de ces chiffres. Le premier est que la volonté d'adoption de l'IA dans les entreprises s'est accrue ces dernières années, tandis que le taux d'adoption demeure encore faible. Le second est que les efforts pour développer ces solutions d'IA sont importants mais que les retours sur investissement ne sont pas à la hauteur des espoirs.

2.3 L'écosystème québécois en matière d'IA

Le gouvernement fédéral comme provincial soutiennent depuis 2010 le développement de l'IA, notamment par une injection soutenue de financements. (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec*, 2022). Ces financements s'inscrivent dans une stratégie gouvernementale qui a connu plusieurs échelons :

- la Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois (*Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*, 2018) (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.)
- Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle en 2 phases (2017 à 2031)(Innovation & Canada, 2025a)

Entre 2017 et 2021, 800 millions de dollars de fonds publics ont été mobilisés pour nourrir un écosystème de recherche en IA. (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec*, 2022). Cet écosystème de recherche, de renommée internationale, permet au Québec de se hisser aujourd'hui à la 7^{ème} place des puissances mondiales de l'IA (Chakravorti et al., 2023). Ces financements gouvernementaux sont répartis de la façon suivante :

- 293 millions de dollars du gouvernement du Québec, 140 millions pour la recherche et 153 millions pour les entreprises en IA
- 520 millions de dollars du gouvernement fédéral au Québec, 260 millions pour la recherche et 260 millions pour les entreprises en IA

Ces financements ont principalement permis de soutenir la recherche en Intelligence Artificielle, première phase de la stratégie Pancanadienne en matière d'Intelligence Artificielle (Innovation & Canada, 2025a). Ils ont notamment permis de financer les formations à la recherche (bourses), les carrières de recherche, les infrastructures de recherche (centres de données, infrastructures de stockage), et les projets de recherche (publics, collaboratifs entre centres de recherches et partenaires industriels, projets de recherche entre le Canada et l'international). (*Investissements publics favorisant le développement et le déploiement responsables de l'IA dans le secteur de la recherche*, s. d.). Une part prépondérante de ces financements était destinée à des projets de recherche appliquée, où collaborent acteurs publics et partenaires privés. (*Investissements publics*

favorisant le développement et le déploiement responsables de l'IA dans le secteur de la recherche, s. d.)

A ces investissements publics viennent s'ajouter près de 1,5 Milliards de dollars (cad) d'investissements privés, injectés dans l'écosystème sous forme de capital de risque. (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec*, 2022)

La seconde phase de la Stratégie pancanadienne en matière d'IA, de 2021 à 2031, vise à établir les normes qui encadreront l'IA, à poursuivre l'élargissement du bassin de talents en IA et à favoriser l'adoption par les entreprises de solutions d'IA.(Innovation & Canada, 2025b). Le budget 2025 du Canada prévoit d'allouer 925,6 millions de dollars sur 5 ans pour bâtir une infrastructure publique de calcul en IA. (*Budget de 2025 : Un Canada fort*, 2025)

Tous ces investissements ont permis de développer un « écosystème IA » au Québec. Le terme écosystème employé dans ce mémoire fait référence aux écosystèmes d'innovation, pouvant être décrit en tant que :

« la communauté économique supportée par une base d'organisations et d'individus en interaction -les organismes composant le monde d'affaires. Cette communauté économique offre des produits et services de valeur aux clients, qui sont eux –mêmes membres de l'écosystème. Les membres incluent les fournisseurs, les producteurs, les concurrents et autres parties prenantes. Leurs capacités et rôles co-évoluent à travers le temps, et ont tendance à s'aligner avec les directions choisies par une ou plusieurs compagnies centrales. Les compagnies exerçant un rôle de leader peuvent changer à travers le temps, mais la fonction de leader dans l'écosystème est valorisée dans la communauté car elle permet à ses membres d'avancer selon des visions communes, d'aligner les investissements et de bénéficier de supports mutuels. » (BenLetaifa & Rabeau, 2012)

L'Écosystème québécois en IA jouit d'une grande diversité d'acteurs. On y retrouve près de 800 acteurs répertoriés (*Coup d'œil sur l'écosystème québécois de l'IA*, 2025), dont 546 entités regroupées dans la seule ville de Montréal (*Coup d'œil sur l'écosystème québécois de l'IA*, 2025).

Même si plusieurs acteurs partagent des champs d'expertise communs, l'étude retiendra la classification suivante afin de structurer l'analyse : (*L'écosystème québécois en intelligence artificielle*, s. d.) :

Tableau 2.1 Catégorie d'acteurs et exemples d'acteurs dans l'écosystème québécois

CATÉGORIES	EXEMPLES D'ACTEURS
Laboratoires universitaires de recherche fondamentale	• École de technologie supérieure (ÉTS); • HEC Montréal; • Institut national de la recherche scientifique (INRS); • Polytechnique Montréal; • Université Concordia; • Université de Montréal; • Université de Sherbrooke; • Université Laval; • Université McGill.
Instituts de recherche	• Institut de valorisation des données (IVADO); • Mila; • Centre for Intelligent Machines (CIM) ; • Centre de recherche informatique de Montréal (CRIM); • Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT); • Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions (GERAD).

Tableau 2.2 Catégorie d'acteurs et exemples d'acteurs dans l'écosystème québécois (suite)

Organismes voués aux conseils et aux collaborations industrielles	• scale.ai ; • IVADO Labs ; • Calcul Québec ; • Calcul Canada ; • Forum IA Québec ; • Prompt ; • L'Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique ;
Chefs de files mondiaux du numérique associés au milieu de la recherche	• DENSO; • Ericsson; • Facebook; • Google; • Huawei; • IBM; • Microsoft; • Nuance; • Samsung; • Thales.
Entreprises de service-conseil en intégration de l'IA	• Accenture; • AIworx; • AgileDSS; • Axionable; • Explor.AI; • Havas; • Novipro; • Omnia AI (Deloitte); • QuantumBlack (McKinsey Conseil); • Suntaeg; • Vooban.

Tableau 2.3 Catégorie d'acteurs et exemples d'acteurs dans l'écosystème québécois (suite)

Incubateurs accélérateurs	et • Centech; • Creative Destruction LAB (CDL); • FounderFuel; • NextAI; • TandemLaunch; • Techstars.
Jeunes pousses et autres entreprises québécoises	• Age of minds; • AI Factory (Banque Nationale); • Aifred Health; • Algolux; • Automat; • Borealis AI; • Corstem AI (Circle Cardiovascular Imaging); • Coveo; • Element AI; • Exia; • Fluent.ai; • Giro; • Hopper; • Imagia; • Irosoft; • Keatext; • Local Logic; • Maluuba (Microsoft Labs); • Mnubo (Aspen Technology); • Stradigi AI; • Time is Life.

Tableau 2.4 Catégorie d'acteurs et exemples d'acteurs dans l'écosystème québécois (suite et fin)

Fonds de capital	• Investissement Québec • Banque de développement du Canada • Caisse de dépôt et placement du Québec • Real Ventures • Good AI Capital
------------------	---

Les principales caractéristiques de chacune de ces catégories d'acteurs sont présentées ci-dessous.

1) Les laboratoires universitaires de recherche fondamentale et instituts de recherche

Le Québec s'illustre sur la scène internationale grâce notamment à l'excellence de son pôle de recherche en IA. Il occupe la 5ème place sur la scène internationale dans le domaine de la recherche. (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.)

La province présente une forte attractivité pour les talents internationaux (*Montréal, centre mondial de l'intelligence artificielle* | *Investissement Québec*, s. d.). D'une part, la renommée de ses universités et la pluralité des offres de programmes de génie en IA attirent un grand nombre d'universitaires internationaux. Ensuite, le Québec compte plus de 80 institutions de recherche et de transfert réparties sur tout le territoire (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.).

Parmi les plus reconnues figurent le MILA, le Centre interuniversitaire de recherche sur les réseaux d'entreprise, la logistique et le transport (CIRRELT), le Centre de recherche mathématique (CRM) et le Groupe d'études et de recherche en analyse des décisions (GERAD), ou encore l'IVADO (Institut de valorisation des données). Grâce à cette densité institutionnelle et à la collaboration entre universités et centres spécialisés, le Québec dispose aujourd'hui de l'une des plus importantes concentrations de chercheurs en intelligence artificielle au monde, contribuant à faire de Montréal un véritable carrefour international de la recherche et de l'innovation en IA. La province jouit donc

de l'une des plus importantes concentrations de chercheurs en IA, et de centres de recherche de calibre international.

2) Les organismes voués aux conseils et aux collaborations industrielles

Les acteurs de cette catégorie ont un rôle d'intermédiaire, en favorisant les relations entre milieu académique et industriel. L'appellation d'intermédiaires de recherche permet de saisir leur rôle:

« Des organisations qui facilitent ce transfert de connaissances entre les universités et les entreprises ont vu le jour. Elles ont pour rôle de combler ces problèmes de langage, d'orienter la recherche de manière qu'elle réponde d'une meilleure manière aux besoins des entreprises, ou encore d'aider au financement de la recherche. Ces intermédiaires de recherche peuvent aussi jouer un rôle important dans la mise en relation et le suivi de ces collaborations. Wirsich et al. (2016) montrent que plus les entreprises s'engagent dans cette collaboration, plus elles ont accès à des connaissances externes et des ressources supplémentaires. »

(De Marcellis-Warin, 2022)

Dans cette catégorie, cohabitent des structures telles que Scale.ai, IVADO Labs, Prompt ou encore Forum IA Québec.

SCALE AI est l'une des supergrappes d'innovation du gouvernement fédéral soutenant l'intégration de l'intelligence artificielle dans les différentes industries en redistribuant les financements gouvernementaux à travers des programmes, et en favorisant la mise en relation des différents acteurs sur des projets collaboratifs. IVADO Labs, agit comme pont entre le milieu académique et industriel, et est spécialisé dans le développement et la fourniture de solutions d'IA appliquées à l'industrie; Prompt ou encore Forum IA Québec.

Ces intermédiaires jouent un rôle essentiel dans l'écosystème québécois, en favorisant la diffusion des savoirs du milieu académique, la mise en pratique de ces savoirs dans l'industrie, et en renforçant les collaborations entre les milieux.

3) Les chefs de files mondiaux du numérique associés au milieu de la recherche

Le dynamisme de l'écosystème IA du Québec a permis d'attirer certains leaders du numérique tels que Microsoft, Google, Meta et IBM. Ces entreprises à fort capital profitent à l'écosystème en participant à la création de laboratoires dédiés à l'IA, notamment dans les régions de Montréal et de Québec. (*Rapport IA_CIQ*, s. d.), et participent à la formation spécialisée dans le domaine.

4) Les entreprises de service-conseil en intégration de l'IA

Ces organisations apportent leur expertise aux entreprises souhaitant intégrer l'IA, commercialisent des solutions en IA, et accompagnent les entreprises dans leurs projets. Parmi ces entreprises sont présentes entre autres Vooban, Novipro, Prompt et bien d'autres. (*L'écosystème québécois en intelligence artificielle*, s. d.)

5) Les incubateurs et accélérateurs

Le Québec compte une trentaine d'incubateurs et d'accélérateurs qui permettent l'accompagnement et la propulsion des jeunes pousses (*Montréal, centre mondial de l'intelligence artificielle | Investissement Québec*, s. d.). Sans exclusivité, on retrouve Centech, Creative Destruction LAB, FounderFuel, NextAI, TandemLaunch, Techstars... (*L'écosystème québécois en intelligence artificielle*, s. d.)

6) Les fonds de capital

Les fonds de capital sont un regroupement d'investissements sous forme de fonds qui investit directement dans les entreprises (« Les fonds de capital-investissement en sept réponses », s. d.).

Parmi ces fonds se trouvent notamment les fonds de capital de risque (qui investissent dans de jeunes entreprises en phase de démarrage) et les fonds d'investissement de croissance (qui investissent dans des entreprises déjà établies, qui cherchent à accélérer leur expansion). Ceux-ci constituent un levier financier important pour les entreprises innovantes ayant des besoins en ressources importants.

Les fonds de capital investissant à Montréal regroupent, entre autres, Investissement Québec, la Banque de développement du Canada, Caisse de dépôt et placement du Québec, Real Ventures, Good AI Capital, et bien d'autres. (*L'écosystème québécois en intelligence artificielle*, s. d.)

7) Les jeunes pousses et autres entreprises québécoises

Tout cet écosystème de soutien, de financement et de collaboration favorise l'entrepreneuriat, en soutenant l'émergence et le développement des startups par le biais des incubateurs, accélérateurs et fonds de capital de risque spécialisés en IA. (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.)

En 2024, étaient recensé près de 475 entreprises développant des applications et des solutions d'IA, 120 entreprises de services spécialisés en IA, et 240 jeunes pousses dans le domaine de l'intelligence artificielle. (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.).

2.4 Conclusion

Cette contextualisation a mis en lumière l'état actuel de la situation concernant l'adoption de l'IA, témoignant de la pertinence de cette étude.

En effet l'adoption de l'IA à grande échelle, par les entreprises notamment, apparaît comme un enjeu pour les différents états dans leur quête de souveraineté économique et technologique.

Cet enjeu transparait à plus petite échelle chez les entreprises : l'IA permet aux entreprises de gagner en compétitivité, mais son adoption demeure complexe.

Enfin, la mise en contexte a permis de détailler la stratégie québécoise en matière d'IA ; une stratégie reposant dans un premier temps sur des investissements dans un écosystème de recherche en IA, qui doit servir de terreau fertile au développement de l'IA en entreprise.

La revue de littérature suivante va apporter le détail des concepts qui permettront de décrire les phénomènes caractéristiques de l'adoption de l'IA.

CHAPITRE 3 REVUE DE LITTÉRATURE

La revue de littérature qui suit examine plus en profondeur le fonctionnement des technologies d'intelligence artificielle. Elle s'intéresse aux principales théories relatives à l'adoption des technologies innovantes en entreprise, avant d'aborder le rôle joué par l'écosystème d'innovation québécois et par les structures d'accompagnement dans ce processus d'adoption de l'IA.

3.1 IA : fonctionnement, évolution et technologies

Cette première partie de la revue de littérature a pour but de détailler le fonctionnement des systèmes d'intelligence artificielle et de survoler les différentes technologies éprouvées en IA.

Selon l'OCDE, les systèmes d'intelligence artificielle (SIA) sont :

« Un système d'IA est un système basé sur une machine qui, pour des objectifs explicites ou implicites, déduit, à partir des données qu'il reçoit, comment générer des résultats tels que des prédictions, du contenu, des recommandations ou des décisions qui peuvent influencer des environnements physiques ou virtuels. Les différents systèmes d'IA varient dans leurs niveaux d'autonomie et d'adaptabilité après le déploiement » (AI Principles Overview, s. d.) (Traduction de l'auteur)

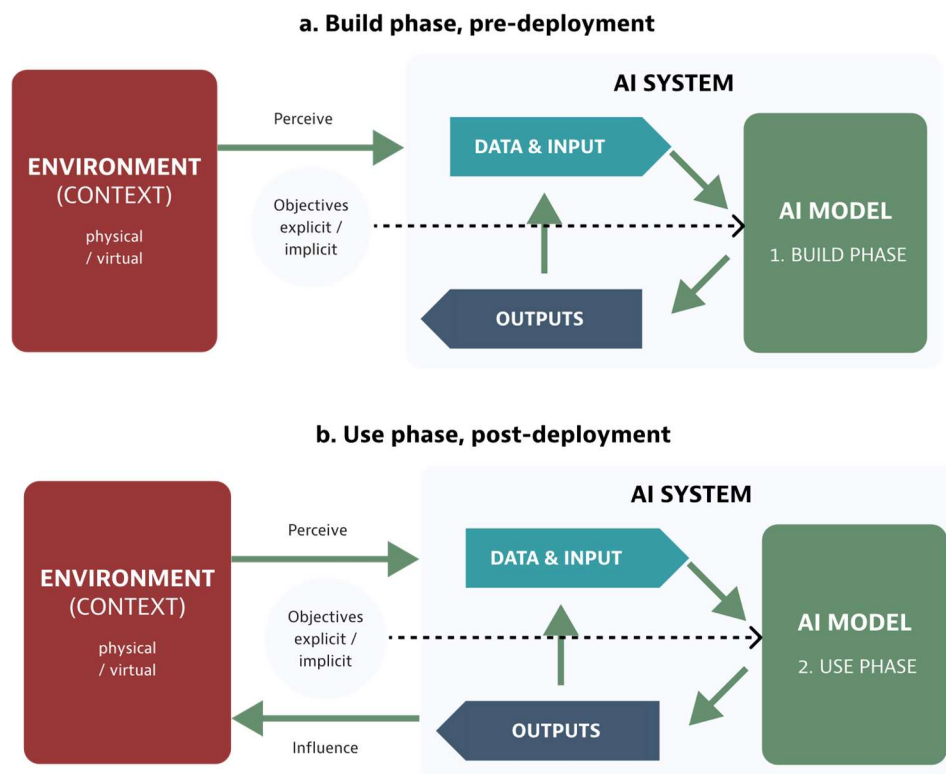


Figure 3.1 : Schéma de fonctionnement conceptuel des SIA (*AI Principles Overview*, s. d.)

Les SIA utilisent des modèles, basés sur des algorithmes. Ces modèles utilisent diverses méthodes et techniques pour traiter les données fournies en entrée, et générer des résultats en sortie. (*Qu'est-ce que l'intelligence artificielle (IA) ?*, s. d.)

En somme, le fonctionnement des SIA est régi principalement par les trois éléments suivants : (*Qu'est-ce que l'intelligence artificielle (IA) ?*, s. d.) :

- Les données ;
- Les modèles/algorithmes qui traitent ces données ;
- Les machines/infrastructures qui permettent à ces algorithmes de fonctionner.

Ce sont des avancées conjointes dans ces trois domaines qui ont permis l'évolution radicale des SIA et de leur capacité.

D'une part, l'évolution des architectures des algorithmes utilisés, avec notamment l'émergence de nouvelles techniques telles que l'apprentissage machine (Machine Learning – ML) dans les années 80 (*L'histoire de l'IA - That's AI*, s. d.), les réseaux de neurones et l'apprentissage profond (Deep Learning – DL) dans les années 2010 (*L'histoire de l'IA - That's AI*, s. d.) a propulsé l'IA.

Ensuite l'apparition d'internet dans les années 2000 a permis la prolifération des données et a facilité leur accessibilité. Cette massification des données a apporté aux SIA le carburant nécessaire à leur entraînement, et a entraîné des progrès significatifs dans les résultats générés par l'IA. (*L'histoire de l'IA - That's AI*, s. d.).

Enfin, les progrès dans le domaine du numérique, de l'électronique et des semi-conducteurs a permis d'accroître les capacités de calcul et de stockage des infrastructures qui hébergent ces SIA.

Le développement du cloud, et notamment des services de cloud computing a popularisé l'accès à ces infrastructures à forte puissance de calcul. (Zolas, 2020)

L'évolution de l'IA a connu de nombreuses percées et phases de recul, des entrées et sorties dans les « hivers de l'IA ». Propulsée aux yeux du grand public par les IA génératives, et les chatbots, l'intelligence artificielle se trouve aujourd'hui, sur le devant de la scène médiatique. Ces chatbots cristallisent une grande partie de l'attention du public, si bien que les autres technologies, techniques et méthodes relatives à l'IA sont souvent omises des débats.

L'IA peut être utilisé afin de décrire un ensemble de technologies qui partagent des caractéristiques communes. Au sein de cet ensemble gravitent différentes technologies qui diffèrent par les méthodes qu'elles emploient.

Il est plutôt complexe d'établir une liste exhaustive des technologies d'IA et des méthodes associées, car les frontières qui les séparent sont floues. (Zolas, 2020) Voici un graphe qui présente succinctement différentes technologies et méthodes relatives à l'Intelligence Artificielle:

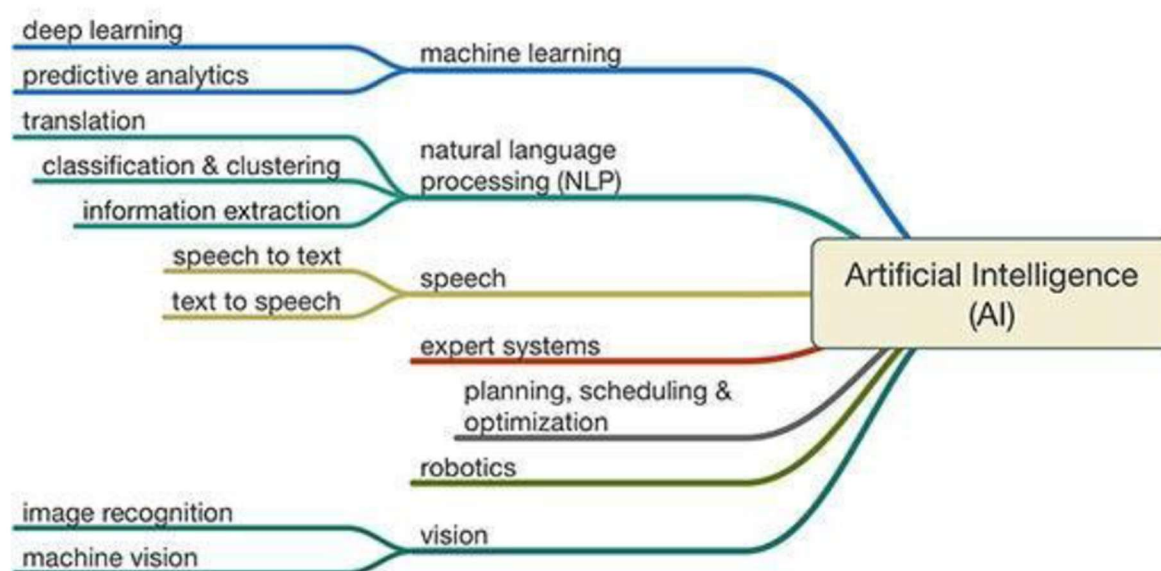


Figure 3.2 : Les méthodes et technologies de l'IA (Nrip, 2022)

L'accent ne sera pas mis sur le détail du fonctionnement de chacune de ces technologies et applications de l'IA. Voici néanmoins une définition pour les plus répandues d'entre elles :

Tableau 3.1 Définition des technologies de l'IA (d'après la traduction de l'auteur)

Technologie	Définition	Références
Apprentissage machine (machine Learning)	L'apprentissage automatique permet à une machine d'« apprendre » sans être explicitement programmée. Ce processus d'apprentissage est réalisé par la machine elle-même, en collectant des données, en les analysant et en effectuant des prédictions.	(Enholm et al., 2022)
Traitement du langage naturel (NLP)	Le traitement du langage naturel désigne le processus par lequel les machines peuvent comprendre et analyser le langage tel qu'utilisé par les humains.	(Enholm et al., 2022)

Tableau 3.2 Définition des technologies de l'IA (d'après la traduction de l'auteur) (suite et fin)

Systèmes de synthèse vocale (Speech)	Cela inclut les solutions de synthèse vocale (texte vers parole) et de reconnaissance vocale (parole vers texte). Synthèse vocale (texte vers parole) : production de parole par des machines, par conversion automatique de texte en spécification phonémique de la prononciation des phrases à énoncer. Systèmes de reconnaissance vocale (parole vers texte) : prennent en entrée un énoncé vocal humain et produisent en sortie une chaîne de mots.	(Enholm et al., 2022)
Systèmes experts (Expert system)	Les systèmes experts visent à imiter la prise de décision humaine en capturant et en représentant l'expertise de spécialistes, afin que d'autres membres d'une organisation puissent l'utiliser. Ils servent ainsi de base de connaissances.	(Enholm et al., 2022)
Technologies de planification et optimisation	Il s'agit de l'élaboration de stratégies et de séquences d'actions en vue de leur exécution ultérieure.	(Enholm et al., 2022)
Robotique (Robotics)	La robotique, un secteur à la croisée de l'ingénierie et de l'informatique, se concentre sur la création de machines capables d'exécuter des tâches programmées de manière autonome.	(<i>Robotique et intelligence artificielle</i> , 2023)
Vision ordinateur (Computer vision)	La vision par ordinateur consiste en l'inspection et l'analyse algorithmique d'images.	(Enholm et al., 2022)

On comprend que terme IA est polysémique : il peut tout à la fois représenter un concept, une vision, un champ d'étude, des systèmes, des technologies ou encore un ensemble de méthodes.

Voici ce à quoi nous ferons référence en parlant d'IA pour la suite de ce mémoire :

L'intelligence artificielle est « un domaine technique et scientifique consacré aux systèmes techniques qui génèrent des sorties telles que du contenu, des prévisions, des recommandations ou des décisions pour un ensemble donné d'objectifs définis par l'homme » [ISO/IEC 22989:2022]

Le projet de recherche essayera autant que possible de clarifier quand nécessaire la sémantique employée.

3.2 Adoption de l'IA dans les organisations

La terminologie « d'adoption de l'IA », bien que répandue dans l'espace médiatique et fréquemment inscrite par les états dans leur stratégie nationale, est une notion complexe, difficile à cerner, et reposant sur de nombreux paramètres. (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.)

Cette notion se retrouve dans de nombreux aspects de notre vie, et s'inscrit aussi dans la transformation du monde du travail et des entreprises.

La seconde partie de cette revue de littérature sera donc dédiée à l'étude des différentes notions qui gravitent autour du concept d'adoption de l'IA en entreprise.

3.2.1 Définition de l'adoption de l'IA dans les organisations

Afin de comprendre les mécanismes relatifs à l'adoption de l'IA au sein d'une organisation, il est pertinent de revenir sur le concept d'adoption d'une innovation au sein d'une organisation.

Une innovation est une idée, une pratique ou un objet perçu comme nouveau par un individu ou un groupe d'individu. L'innovation n'est pas nécessairement ou objectivement nouvelle : c'est la perception de nouveauté de l'idée chez l'individu qui fait d'elle une innovation. (Rogers, 1983)

En cela, l'IA rentre parfaitement dans le cadre d'une innovation technologique: des technologies et méthodes d'IA existent depuis près de 70 ans, et leur existence peut être connue par certain depuis plusieurs années. C'est toutefois l'explosion médiatique de la technologie, survenue ces

dernières années avec notamment l'avènement des IA génératives, qui a pour beaucoup fait naître une attitude, qu'elle soit négative ou positive, envers l'IA. C'est à partir de ce point que l'idée ou la technologie sont perçues comme innovantes.

Afin de décrire le processus par lequel passe une entreprise dans son adoption l'IA, il faut revenir d'abord sur le processus de « décision d'innovation ». (Rogers, 1983)

Ce processus est celui par lequel une entreprise passe de la première connaissance d'une innovation à la mise en œuvre de cette innovation, jusqu'à sa confirmation. (Venkatesh et al., 2003) Ce processus passe par une série d'actions lui permettant d'évaluer l'innovation et de décider si elle souhaite l'intégrer à ses pratiques ou non. (Rogers, 1983). Cette décision d'innovation est associée à une prise de risque, et peut être réduite par les recherches de l'entreprise sur l'innovation en amont (Dubois & Koriajnova, s. d.).

*« Le processus de décision d'adoption est donc essentiellement une **activité de recherche et de traitement de l'information**, motivée par le désir de réduire l'incertitude sur les **avantages et inconvénients** de l'innovation (voir Chapitre 5). »* (Rogers, 1983) (Traduction de l'auteur)

La notion de traitement d'information et de réduction de l'incertitude est reprise dans le modèle théorique TAM (Technology-Acceptance-Model). (Bryan & Zuva, 2021)

Dans celui-ci, deux variables dans la phase de recherche et d'évaluation de l'innovation influencent la décision d'innovation : la perception d'utilité et la facilité d'utilisation.

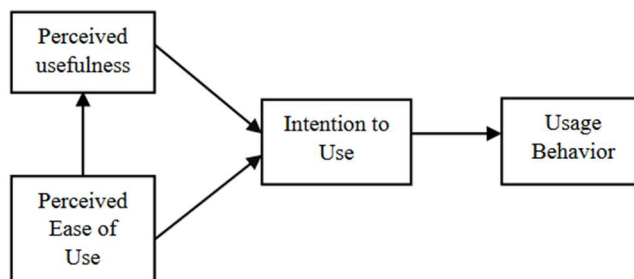


Figure 3.3 : Le modèle conceptuel TAM (Bryan & Zuva, 2021)

L'adoption d'une innovation est donc un processus. Ce processus peut être entrepris linéairement ou itérativement, et comporte généralement les 5 étapes suivantes (Rogers, 1983) :

- **Connaissance (Awareness)** : l'organisation prend conscience de l'existence de la technologie.
- **Persuasion (Interest/Evaluation)** : elle évalue son utilité, ses bénéfices et ses coûts.
- **Décision (Decision)** : elle choisit ou non de l'adopter.
- **Mise en œuvre (Implementation)** : intégration de la technologie dans les processus internes.
- **Confirmation (Institutionalization)** : acceptation continue et usage routinier.

A la lueur des concepts présentés ci-dessus, voici la définition de l'adoption de l'IA qui sera faite dans cette étude :

« L'adoption de l'IA est le processus par lequel passe une entreprise, de la prise de connaissance de l'IA jusqu'à son intégration dans les différentes strates de son organisation : ses processus, ses systèmes ou ses produits, sa stratégie et ses usages courants. »

Pour mener à bien ce processus d'adoption, les entreprises doivent mener des expérimentations (phase de mise en œuvre décrite par (Rogers, 1983)), et tester les technologies d'IA au sein de leur organisation, afin de déterminer si elles souhaitent davantage s'y investir.

Cette phase d'expérimentation prend forme au travers des projets en IA, dont le déroulé est détaillé dans la partie suivante.

3.2.2 Déroulé d'un projet en IA

Afin de décrire le processus d'un projet en IA, l'étude s'est basée sur les descriptions faites sur les sites de différents acteurs de l'IA (notamment des entreprises spécialisées dans son adoption en entreprise ou des organismes publics), et les rapports (*Groupe NOVIPRO - Portrait TI - 8e Edition.pdf*, s. d.) ainsi que (*mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) et (Cayrat & Charles, 2021)

Un projet de IA sera défini comme tel :

« Une démarche structurée visant à développer, adopter ou intégrer des technologies d'IA dans un processus, un produit ou un service afin d'en améliorer l'efficacité, de réduire les coûts ou de développer de nouvelles compétences. » (Définition de l'auteur)

Ce projet en IA s'intègre dans la phase « Mise en œuvre » et survient avant la phase « Adoption ».

En voici les principales étapes :

Tableau 3.3 Étapes d'un projet en IA

Phase 1 : La phase de prospection
La phase de prospection vise à établir un diagnostic actuel de l'entreprise, à étudier les possibilités d'utilisation et les objectifs du projet en IA. 1) Diagnostique des données Cette phase est essentielle pour mesurer le niveau d'efficacité de la solution d'IA. Comme développé dans la première partie de la revue de littérature, les performances d'un SIA reposent en grande partie sur les données disponibles (Cayrat & Charles, 2021). Cette étude des données comprend un inventaire des données accessibles (quantité, disponibilité) ainsi qu'une évaluation de la qualité et de l'adéquation de celles-ci au projet en IA (Numeria X, s. d.). 2) Étude des possibilités Comme indiqué dans (<i>mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf</i>, 2017), le choix de la première utilisation de l'IA dans l'entreprise est crucial, puisque les performances de ce premier projet impacteront la confirmation d'adoption (Rogers, 1983). Ce choix doit être fait selon plusieurs critères : - Il faut viser un projet sur du moyen à court terme ; (<i>mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf</i>, 2017). - Il faut choisir un projet qui est aligné avec les besoins de l'entreprise ; (<i>mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf</i>, 2017). - La solution d'IA et son cas d'usage doivent déjà avoir fait leurs preuves. (<i>mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf</i>, 2017). Afin de mener à bien cette décision de l'usage de l'IA, l'entreprise doit établir un état de l'art des solutions disponibles et des acteurs pouvant être mobilisés. (Cayrat & Charles, 2021) 3) Objectifs Il est important de déterminer les objectifs à atteindre, et les ressources à mobiliser (compétences, finances, technologies). Les objectifs de performance et de rentabilité du projet doivent être établis en prenant en compte le niveau de maturité numérique initiale de l'entreprise. (<i>mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf</i>, 2017)

Tableau 3.4 Étapes d'un projet en IA (suite et fin)

En somme, cette première étape fondatrice d'un projet requiert des experts du domaine qui connaissent les utilisations possibles de l'IA, des experts techniques qui s'assurent de la faisabilité, et des experts des affaires.(Cayrat & Charles, 2021)
Phase 2 : la phase de prototypage/d'expérimentation
Un premier algorithme est conçu et va être testé sur des données préliminaires. L'efficacité du modèle est ensuite testée. Si le prototype atteint le niveau de précision recherché, la solution peut être implantée dans les processus de l'entreprise (Cayrat & Charles, 2021). Cette phase requiert des profils de scientifiques de données et des développeurs en IA. (Cayrat & Charles, 2021)
Phase 3 : la phase de production
Après les modifications des prototypes, la solution « finale » est réellement implantée dans l'entreprise, et son fonctionnement est testé avec des données en temps réel. (« Notre approche », s. d.) Une fois implantée, il faut maintenir la relation entre l'entreprises, ses clients et ses fournisseurs. (« Notre approche », s. d.)
Phase 4 : la phase d'intégration
Phase cruciale décrite comme l'un des plus grands défis de l'industrie, qui repose sur la confiance des dirigeants et des analystes d'affaire dans la pérennité du projet.(Cayrat & Charles, 2021) Ainsi un projet en IA est un processus de longue haleine. Celui-ci requiert de nombreuses ressources : personnel, compétences, temps et financements ; que les entreprises peinent souvent à mobiliser.

3.2.3 Performance des projets en IA et adoption

Les projets en IA sont la clé de voûte du processus d'adoption des technologies d'IA. La confirmation d'adoption reposant en partie sur l'utilité perçue et la facilité d'utilisation, les performances et le niveau de réussite perçu de ce premier projet affectent grandement cette perception.

3.2.3.1 Comment mesurer la performance des projets en IA

Pour que l'entreprise puisse efficacement mesurer la performance d'un projet, elle doit initialement en définir des objectifs et identifier par là même les indicateurs qui serviront à la mesure de ces objectifs. (Morana & Gonzalez-Feliu, 2010)

Il existe de nombreux indicateurs, les KPIs (Key Performance Indicators), qui permettent de mesurer les différentes dimensions inhérentes à un projet d'innovation.

Ces indicateurs de mesure de performance peuvent être regroupés selon 4 catégories (Ajzen et al., 2016). Appliqués aux projets d'innovation, voici quelques indicateurs fréquents de la littérature:

- Performance financière : respect des coûts (Dubois et Koriajnova), retour sur investissements(Ajzen et al., 2016) ;
- Performance productive : durée du processus, termes du projet (Dubois et Koriajnova) ;
- Performance socio-organisationnelle : Satisfaction (Ajzen et al., 2016), nombre de ressources externes, nombre d'acteurs, quantité des connaissances générées, degré d'implication des acteurs, appropriation du résultat par l'entreprise (Dubois et Koriajnova) ;
- Performance écologique : consommation électrique, empreinte écologique. (Jegham et al., 2025).

Enfin, l'étude (Ryseff et al., 2024) apporte une qualification d'un « échec d'un projet en IA » comme un projet perçu comme un échec par l'organisation. On constate donc que la notion de réussite ou d'échec est subjective et dépend de la perception de l'entreprise.

3.2.3.2 Lien entre un projet d'innovation en IA et l'adoption de l'IA

La performance d'un projet en IA est cruciale, mais pas suffisante pour expliquer la performance de l'adoption de l'IA dans sa globalité. (Dubois & Koriajnova, s. d.). Or, mesurer l'adoption de

l'IA dans son ensemble apparait comme délicat, tant les dimensions à prendre en compte sont nombreuses.

Toutefois, l'étude de performance de projets en IA apporte des indications et des enseignements concernant la performance de l'adoption de l'IA (Dubois & Koriajnova, s. d.), en cela que ces projets sont constitutifs du processus d'adoption de l'IA.

Les performances et le niveau de réussite perçu d'un projet en IA impactent fortement la position stratégique et culturelle des entreprises face à l'adoption, et notamment leur propension à mener de nouveaux projets par la suite. (De Marcellis-Warin, 2022) Si celle-ci perçoit les bénéfices de ce projet d'innovation, elle peut être amené à changer sa stratégie d'innovation, en passant de l'« innovation occasionnelle », où l'entreprise mène des projets de manière isolée, dans le but de découvrir et tester une innovation, à une stratégie d'« innovation planifiée », s'inscrivant dans la durée.(Dubois & Koriajnova, s. d.)

À l'inverse, certaines entreprises rapportent avoir eu une première expérience avec des SIA qualifiées de négatives et se montrent réticentes à poursuivre leur efforts et investissements dans le domaine.(De Marcellis-Warin, 2022).

Les premiers projets d'implantation de SIA atteignent rarement les objectifs escomptés, mais le gain d'expérience associé est essentiel pour mener à bien la suite de l'adoption : création de compétences, identification des ressources nécessaires, et bien d'autres.

3.2.4 Pourquoi adopter l'IA?

Les entreprises adoptant des SIA diffèrent par leur stratégie d'innovation et les objectifs associés. Ces stratégies peuvent être réparties selon deux catégories : la stratégie de différenciation et la

stratégie de coût. (Dubois & Koriainova, s. d.). De ces différences d'objectifs va découler une différenciation dans les usages et applications de l'IA, ainsi que dans les bénéfices recherchés.

L'IA peut être utilisé dans une variété de domaines, et les possibilités d'application sont abondantes (*How Businesses Are Using Artificial Intelligence In 2024 – Forbes Advisor*, s. d.). Un large panel de ces cas d'usage est disponible sur le site de Vitrine IA Québec (*Comprendre*, s. d.).

Les entreprises qui ont déjà une expérience dans l'adoption de l'IA ne se spécialisent pas sur une technologie ou une seule application, mais investissent dans plusieurs outils d'IA répondant à divers problèmes. (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017)

Malgré les critiques qui s'élèvent autour de l'intégration de l'IA dans le monde du travail et aux transformations qui en résulteront, la plupart des dirigeants voient favorablement l'impact de cette technologie sur leur entreprise (*How Businesses Are Using Artificial Intelligence In 2024 – Forbes Advisor*, s. d.). Voici les principaux bénéfices à l'adoption de l'IA recherchés ou perçus, extraits de la littérature :

- L'augmentation des gains de productivité, c'est-à-dire une augmentation de la valeur ajoutée générée pour un même niveau d'intrant (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec*, 2022). Les résultats de l'étude (Venturini et al., 2024) démontrent que les entreprises adoptant l'IA observaient déjà en 2019 une augmentation statistiquement significative de la productivité associée à l'IA, en moyenne de 20 à 30 %.
- Le développement d'une nouvelle offre et l'augmentation de la qualité des produits et des services (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec*, 2022)

- L'accélération du développement de nouveaux produits. (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec*, 2022)
- Un gain d'efficacité dans les tâches des employés (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec*, 2022). Des entreprises sondées (Gouvernement du Canada, 2024) identifiaient l'adoption de technologies d'innovation comme principal facteur d'amélioration de leur efficacité opérationnelle.
- L'automatisation de certains processus (*pwc_forumiaqc_sommaire_2022.pdf*, 2017)
- La réduction des coûts (*mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017)

Comme mentionné plus haut (Dubois & Koriajnova, s. d.), la nature des bénéfices recherchés par l'adoption de l'IA diffère selon la posture adoptée par l'entreprise face à cette adoption. (*mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) En effet, les « expérimentateurs » recherchent pour la plupart à réduire les coûts de main d'œuvre. Les « adopteurs sérieux » (ceux ayant déjà une certaine expérience dans le domaine) cherchent quant à eux à élargir leurs activités à d'autres parts de marché ou à augmenter leurs revenus. Ces entreprises, qui investissent le plus dans l'IA, le font pour des usages clés ayant un fort impact stratégique. (*mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017)

Ensuite, le niveau de bénéfices induits par l'adoption de l'IA dépend aussi de la distance à la frontière technologique. Les observations sont ambivalentes : certaines études témoignent de résultats moindres après adoption chez les entreprises à faible maturité numérique (*Groupe NOVIPRO - Portrait TI - 8e Edition.pdf*, s. d.) tandis que d'autres suggèrent que l'adoption de l'IA profite d'autant plus aux entreprises en retard dans leur transition technologique (un gain supplémentaire de 20% serait observable). (Venturini et al., 2024)

L'adoption de l'IA permet aussi aux entreprises en retard dans leur transformation digitale de réduire leur écart avec les entreprises fortement digitalisées. A l'inverse, l'écart technologique entre les entreprises qui adoptent l'IA de celles en retard dans leur transformation numérique risque de se s'agrandir davantage avec l'IA. (*mgj-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017)

En somme, les usages de l'IA et les bénéfices recherchés diffèrent selon les caractéristiques de l'entreprise, leur niveau de maturité numérique initial, et leur position stratégique face à l'innovation. Plus les entreprises ont d'expérience avec l'IA, plus elles en mesurent le potentiel de croissance pour leurs activités. Pour celles-ci, l'IA est un véritable pilier d'innovation et pas un outil d'automatisation.

3.2.5 Freins à l'adoption de l'IA

Comme développé dans le paragraphe relatif aux phases d'adoption de l'IA, avant d'entamer un projet, une entreprise doit être en mesure d'identifier les facteurs qui lui sont propres et qui pourraient freiner la mise en place de son projet en IA.

Plusieurs études ont porté sur l'identification de ces freins. Cette partie vise à en présenter les principaux résultats.

Le cadre conceptuel TOE (Technologie – Organisation – Environnement) (Bryan & Zuva, 2021) permet de comprendre les mécanismes d'adoption des technologies de l'information au sein d'une entreprise, selon 3 facteurs :

- Les freins technologiques : comme expliqué plus haut dans la revue de littérature, pour pouvoir fonctionner l'IA nécessite de disposer d'une part des données en quantité, de qualité, et d'une grande variété, ainsi que d'une architecture technologique qui puisse supporter la charge de calcul des algorithmes d'IA. (Enholm et al., 2022)

- Les freins organisationnels : les freins organisationnels sont les freins humains propres à l'entreprise. Parmi les facteurs organisationnels qui influencent l'adoption de l'IA, la littérature mentionne la culture d'innovation de l'entreprise, le soutien de la direction, la confiance des employés envers l'IA, la stratégie, la compatibilité du cas d'affaire (Enholm et al., 2022)
- Les freins environnementaux : chaque organisation évolue dans un environnement, un contexte, qui influence sa dynamique. (Enholm et al., 2022). Parmi les facteurs environnementaux sont notamment cités les aspects éthiques et moraux de l'IA, les réglementations, la pression concurrentielle.(Enholm et al., 2022)

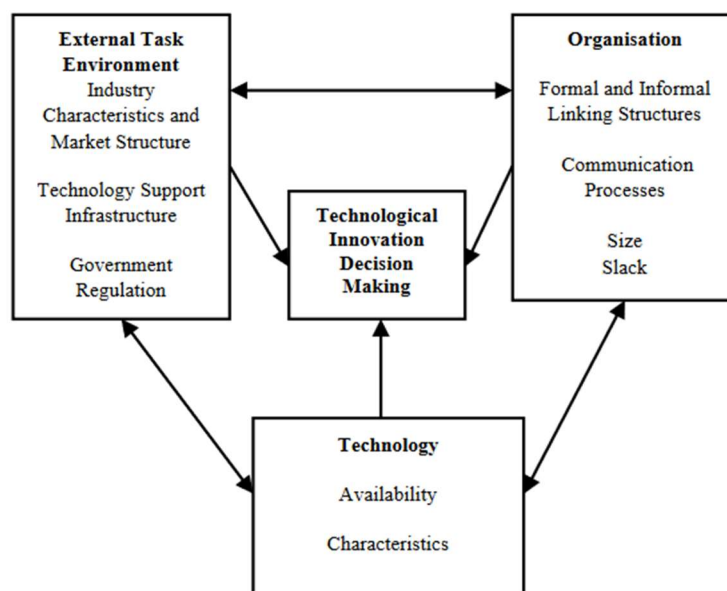


Figure 3.4 : Le modèle TOE de décision d'innovation (Bryan & Zuva, 2021)

Ce cadre donne un aperçu de la pluralité des facteurs influençant la décision d'innovation. Ces facteurs, en plus d'être autant externes qu'internes à l'entreprise, sont de nature physique (technologique, financières, quantité de données) et comportementale.

L'étude (Alshahrani et al., 2024) apporte une classification différente des freins à l'adoption de l'IA. Aux 3 dimensions du cadre TOE, l'étude ajoute deux dimensions :

- Les freins d'apprentissage : capacité à assimiler les connaissances à l'interne, relation du pôle de R&D avec le système d'IA. (Alshahrani et al., 2024)
- Les freins financiers : coûts direct relatifs à l'infrastructure, coûts indirects relatifs aux ressources à mobiliser pour faire perdurer un système d'intelligence (salaires des profils IA, coûts de maintenance, consommation électrique et d'autres), capacité à mobiliser des financements externes. (Alshahrani et al., 2024)

Facteurs majeurs (MF)	Symbole	Facteurs secondaires (SF)	Symbole
Barrières liées à l'apprentissage	LB	Formation au développement des compétences	LB01
		Collaboration entre les secteurs R&D	LB02
		Tendance des utilisateurs à apprendre	LB03
Barrières organisationnelles	OB	Gouvernance des employés	OB01
		Leadership	OB02
		Échange d'information	OB03
Barrières technologiques	TB	Valeurs esthétiques	TB01
		Numérisation	TB02
		Utilisation interactive de l'information	TB03
Barrières budgétaires	BB	Coûts indirects	BB01
		Financement provenant de sources externes	BB02
Barrières environnementales	EB	Coût direct	EB03
		Durabilité	EB01
		Focus sur les aspects sociaux	EB02
		Gestion environnementale	EB03

Figure 3.5 : Ensemble des freins à l'adoption de l'IA identifiés par l'étude (Alshahrani et al., 2024) (traduction de l'auteur)

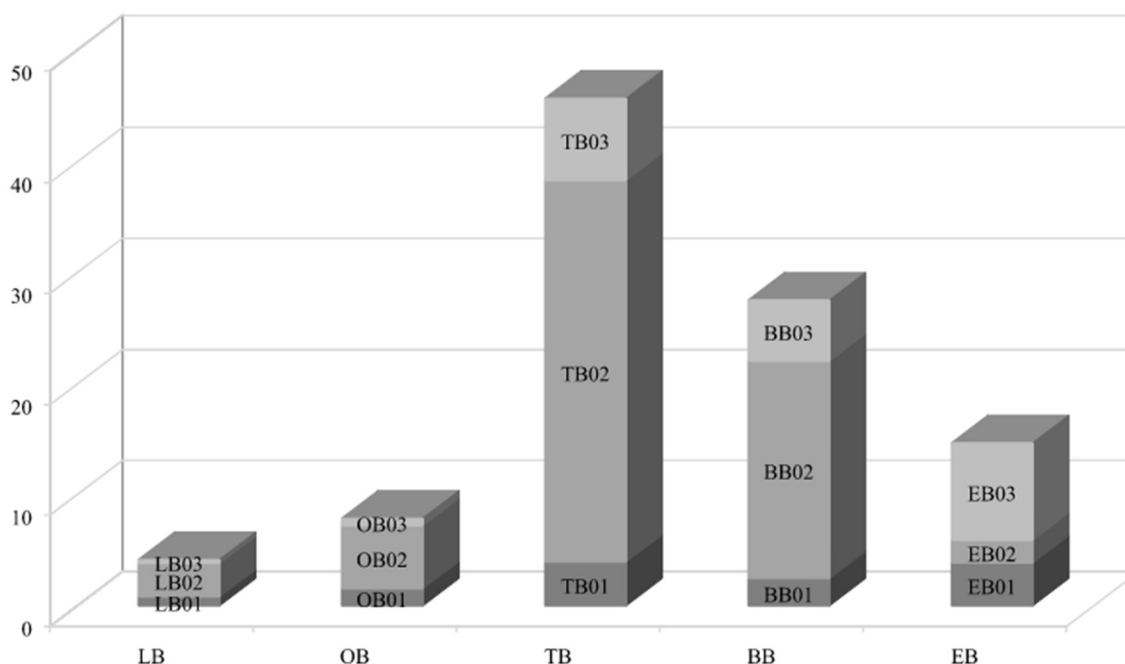


Figure 3.6 : Poids de chaque frein à l'adoption de l'IA dans le modèle de l'étude (Alshahrani et al., 2024)

L'étude permet d'une part d'évaluer l'importance de chaque classe de frein dans le modèle : les freins technologiques (TB) sont ceux ayant pour ce cadre d'étude le plus de poids dans l'adoption de l'IA, suivit par les freins financiers (BB). Les freins d'apprentissage (LB) arrivent loin derrière. Parmi tous ces freins, le niveau de digitalisation est le plus crucial (TB02). La digitalisation est :

« La numérisation est l'utilisation des technologies numériques pour transformer un modèle d'affaires et offrir de nouvelles possibilités de revenus et de création de valeur. Il s'agit du processus de transition vers une entreprise numérique. »

(Digitization vs Digitalization, s. d.) (Traduction de l'auteur)

Les financements externes arrivent en seconde place, suivis par le management des impacts environnementaux de l'entreprise.

Enfin, l'étude met en lumière les liens qui existent entre ces freins : qu'ils soient internes ou externes à l'entreprise, tous les freins à l'adoption de l'IA sont interreliés.

L'étude (Tehrani et al., 2024) a construit quant à elle un modèle de facteurs facilitateurs à l'adoption de l'IA à partir d'entretiens avec des managers de 52 multinationales, issues de secteurs et de pays variés afin de renforcer la diversité des perspectives. L'étude identifie quant à elle 24 facteurs regroupés selon les 8 catégories suivantes :

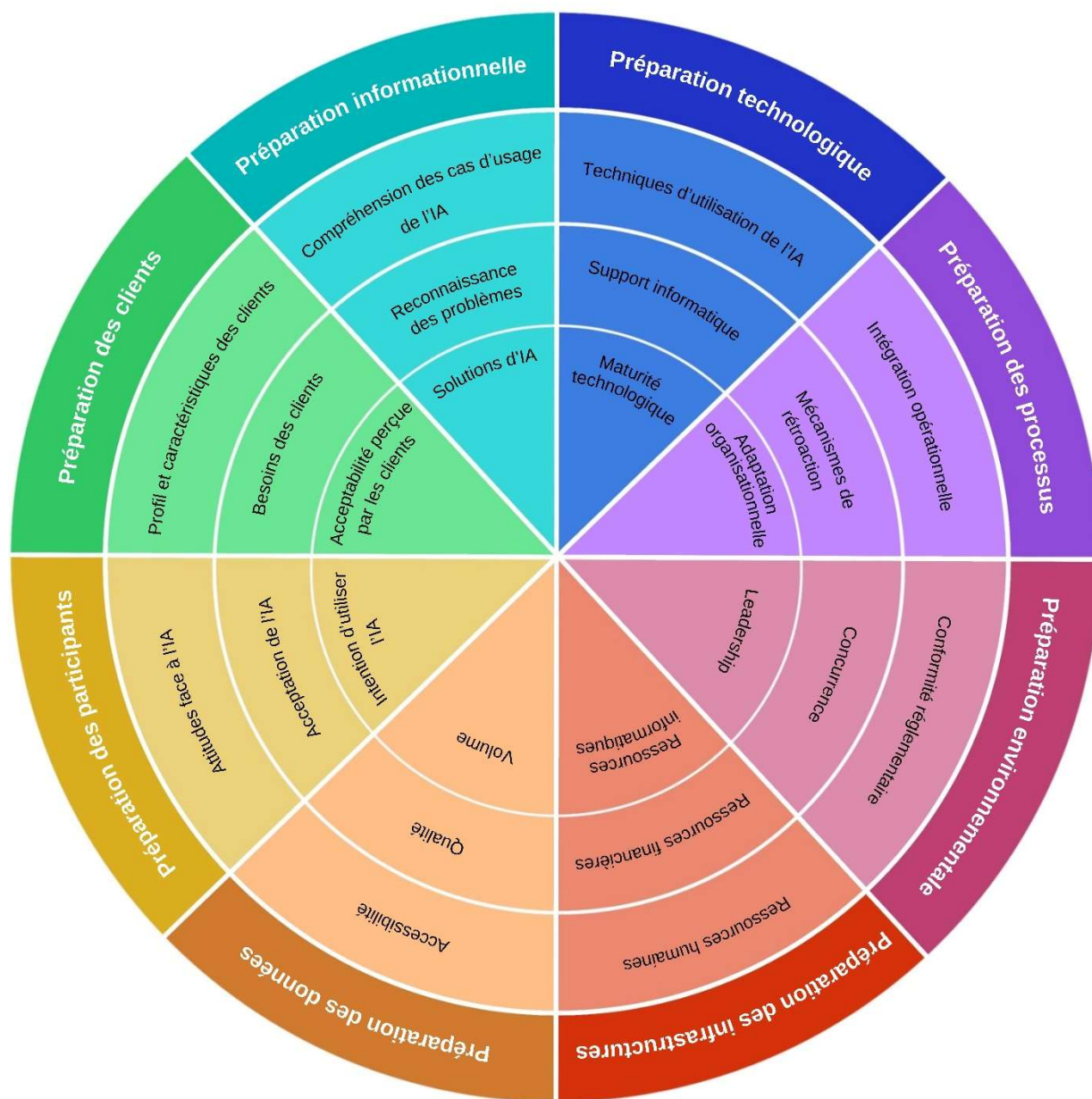


Figure 3.7 : Dimensions de l'adoption de l'IA et leurs facteurs internes (Tehrani et al., 2024)

(traduction de l'auteur)

Selon l'étude de Tehrani et al, les facteurs les plus influents dans l'adoption de l'IA sont, dans l'ordre :

- L'expertise interne

- Le volume de données disponibles
- La qualité des données disponibles
- Le coût de l'IA
- L'adhésion du personnel
- Le soutien de la direction

D'autres études ayant sondé des entreprises apportent des informations sur l'importance des freins à l'adoption de l'IA. Selon (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec*, 2022) les principaux freins à l'adoption de l'IA par une organisation sont la difficulté à saisir le potentiel de valeur liée à son adoption, les difficultés d'accès aux données.

L'étude (Cayrat & Charles, 2021) relève aussi l'importance de la quantité et de la qualité des données dans la performance des algorithmes d'IA, ainsi que le besoin en profils adaptés. En effet, selon une étude du McKinsey Global Institute menée en 2020, 87% des entreprises font déjà face à une pénurie de profils en IA ou s'apprêtent à l'être.

L'étude (mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf, 2017) identifiait chez la plupart des dirigeants de 3000 entreprises sondées un manque de connaissance au sujet de l'IA. En effet, certains ne savent pas ce que l'IA peut apporter à leur entreprise, où se procurer des solutions d'IA, comment les intégrer à leur procédé ou évaluer le retour sur investissement généré.

Le principal frein à l'adoption de l'IA dans les entreprises sondées était l'absence de certitude quant aux retours sur investissement d'une solution d'IA. (mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf, 2017)

Il ressort de ces études un ensemble de freins à l'adoption de l'IA. Cependant, une divergence dans la nature des freins identifiés, l'agrégation des dimensions associées et l'importance relative de

chaque frein pour une entreprise, peut être observé. Cette divergence peut être expliquée par divers facteurs.

Tout d'abord, il existe un facteur temporel qui pourrait expliquer une divergence dans les principaux freins identifiés par ces études. Les évolutions récentes du marché en IA (*Blog - DeepSeek : L'IA chinoise qui bouleverse le marché et fait chuter les actions tech*, s. d.) et des régulations en place (Touma, 2023) ont tendance à renverser la balance.

Le facteur spatial, c'est-à-dire le lieu et l'écosystème dans lesquels évolue l'entreprise sondée, joue aussi sur la nature des freins identifiés par celle-ci. En effet, le lieu impacte tout à la fois l'écosystème entrepreneurial en place, les politiques publiques en place, et les législations en lien avec l'IA.

Pour toutes ces raisons, l'étude a fait le choix de ne pas se restreindre à un seul cadre de freins utilisé dans l'une des études citées. Une première sélection des freins les plus importants, sera effectuée, puis différents prétests permettront de redéfinir les contours de ce cadre de freins. Les dimensions des freins qui seront retenues, présentes dans les différentes études détaillées précédemment, sont les dimensions économiques, technologiques, environnementales et organisationnelles.

3.2.6 L'importance de la maturité numérique pour l'adoption de l'IA

L'étude des freins et des bénéfices à l'adoption de l'IA a mis en relief une notion clé dans l'adoption des technologies numériques, et à fortiori de l'IA : la maturité numérique.

La maturité numérique d'une entreprise est un concept maintes fois éprouvé dans la littérature (Aslanova & Kulichkina, 2020), mais les définitions et les mesures du concept diffèrent encore d'une étude à l'autre.

Voici comment l'étude définira le concept de maturité numérique :

« La maturité numérique désigne le degré d'adoption et d'utilisation des technologies numériques au sein des modèles d'affaires d'une entreprise. »

(Rossmann, 2019)(Traduction de l'auteur)

« La maturité numérique : la capacité d'une organisation à se préparer systématiquement et à s'adapter de manière cohérente aux changements numériques en cours. Elle s'inspire d'une approche psychologique de la maturité, fondée sur l'aptitude apprise à réagir à son environnement de façon appropriée. »

(Aslanova & Kulichkina, 2020) (Traduction de l'auteur)

La maturité numérique d'une entreprise représente donc sa position face aux technologies du numérique. Pour en faire le diagnostic à un instant donné, différents outils de mesure de la maturité numérique, pour la plupart des sondages, ont été mis au point. Ils diffèrent quant aux dimensions qu'ils identifient, mais celles-ci peuvent être agrégées selon les 2 dimensions suivantes utilisés dans l'étude du MIT et de Capgemini (Metais-Wiersch et al., 2018) :

Tout d'abord l'intensité technologique(Aslanova & Kulichkina, 2020) , qui représente le niveau d'intégration physique de la technologie au sein de l'entreprise (*Évaluation de la maturité numérique*, s. d.-b). Cette intégration physique se base sur les facteurs tels que : le niveau de machinisation, l'adéquation des logiciels aux besoins; la quantité et qualité des données de l'entreprise, le niveau de numérisation (digitization) et l'intégration des processus.(*Évaluation de la maturité numérique*, s. d.-a)

« La numérisation désigne le processus de conversion d'un format analogique en format numérique, également appelé activation numérique. Autrement dit, la numérisation consiste à

transformer un processus analogique en processus numérique, sans modifier la nature même du processus.»

(Digitization vs Digitalization, s. d.) (Traduction de l'auteur)

Ensuite, la culture numérique d'une entreprise représente l'ensemble des attitudes, des comportements et des habitudes liées à la technologie au sein de l'entreprise. (*La culture numérique, s. d.*) La culture numérique fait appel aux qualités de leadership, à la stratégie de l'entreprise, au niveau de compétences et de connaissances des technologies, aux capacités d'acceptation au changement chez les employés comme chez les dirigeants. (Aslanova & Kulichkina, 2020)

Le tableau suivant apporte une meilleure compréhension des notions agrégées dans les deux dimensions de l'outil de maturité numérique du MIT.

Élément	Définition
Stratégie	La présence d'une stratégie de transformation numérique pour l'organisation, intégrée à la stratégie de développement de celle-ci. Elle comprend une liste d'actions spécifiques et claires nécessaires pour atteindre un niveau élevé de maturité numérique. En même temps, la stratégie de transformation numérique ne doit pas « renverser » la stratégie existante de l'organisation, mais s'y intégrer de façon organique, en l'enrichissant grâce aux changements nécessaires, aux technologies et aux ressources, afin d'améliorer les indicateurs de performance de l'organisation.
Organisation	Le composant le plus important pour atteindre un haut niveau de maturité numérique est la préparation de la direction aux changements dans la culture organisationnelle, la restructuration des processus d'affaires et l'amélioration de leurs compétences en gestion.
Personnes	Une mise en œuvre réussie de la stratégie implique la préparation du personnel et leur sensibilisation aux changements à venir. L'engagement, la motivation et la participation des personnes dans les changements stratégiques au sein de l'organisation sont des éléments clés de la réussite.
Technologies	Les technologies sont le principal moteur de la transformation numérique. Un haut niveau de maturité numérique implique un niveau élevé de compétences numériques chez les employés impliqués dans le processus de transformation numérique.
Données	Une utilisation et une gestion appropriées des données constituent la base de la numérisation. Cela inclut l'harmonisation de la création et de la génération de données, ainsi que d'autres processus liés. L'augmentation des volumes de données et leur qualité exigent une attention accrue de la part des organisations. Des données correctement gérées, cohérentes et fiables représentent non seulement la base de tous les processus financiers, mais aussi la condition préalable essentielle à la numérisation.

Figure 3.8 : Description des dimensions de la maturité numérique selon le modèle (Aslanova & Kulichkina, 2020) (traduction de l'auteur)

Il existe un lien profond entre le niveau de maturité numérique d'une entreprise et son adoption de l'IA. En effet, les entreprises en avance sur l'adoption de l'IA (les « early-adopters ») sont celles ayant, en amont de cette adoption, déjà atteint un niveau élevé de maturité numérique. (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) Une trop faible maturité numérique inhibe quant à elle le virage vers l'IA. (De Marcellis-Warin, 2022)

D'une part, l'adoption de technologies antérieures, la numérisation des données et la digitalisation de leur processus sont des bases clés pour permettre l'adoption de SIA. (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017)

Ensuite, la culture numérique de ces entreprises joue un rôle clé dans cette adoption. Les entreprises à forte culture numérique considèrent l'IA non pas comme une innovation de rupture, mais comme l'étape suivante et nécessaire d'une transformation numérique déjà entamée. (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017)

Il semble aussi que l'IA risque d'élargir l'écart de maturité numérique entre les entreprises adoptantes et celles qui retardent cette adoption. (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017). D'un autre côté, l'adoption de l'IA offre la possibilité aux entreprises en retard dans leur transformation digitale de réduire rapidement leur écart avec les entreprises fortement digitalisées. (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) L'IA leur permettrait d'élargir leur base de connaissance en technologies, et de favoriser l'intégration de technologies annexes. (Venturini et al., 2024) En ce sens, l'adoption de l'IA entraînerait une augmentation du niveau de maturité numérique.

Enfin, le niveau initial de maturité numérique est un facteur important dans le calcul prévisionnel de la rentabilité d'un projet en IA. (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017). Les entreprises qui tirent le plus de bénéfices de l'adoption de solution d'IA sont celles maximisant les trois points : maturité numérique initiale, niveau d'adoption, et posture stratégique par rapport à l'IA (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017).

La maturité numérique est donc une notion clé pour comprendre l'adoption de l'IA en entreprise. Celle-ci apporte un diagnostic du rapport de l'entreprise à la technologie et aux innovations, et permet ainsi d'identifier les forces et faiblesses de l'entreprise face au défi de l'adoption de l'IA. Une bonne maturité numérique est un facteur clé dans l'adoption des innovations technologiques.

3.2.7 Littératie en IA

L'IA est un concept désormais omniprésent dans le débat public, et s'inscrit de plus en plus dans les différents volets de nos vies. Les récentes évolutions de cette technologie ont connues une forte accélération, et peuvent creuser un écart entre les capacités d'apprentissage et de compréhension de la population quant à l'IA, et les capacités de la technologie. (*Apprendre ensemble pour une intelligence artificielle responsable*, 2024)

Or l'adoption de l'IA par la population repose en grande partie sur la confiance qu'elle lui porte. Cette confiance repose elle-même sur la perception quant aux capacités, aux risques et aux bénéfices de l'IA. La perception d'un individu est enfin quant à elle fortement influencée par le niveau de connaissance et de compréhension du sujet et la façon dont celui-ci se renseigne sur ces sujets. (L'impératif de l'IA au Canada : Des prédictions à la prospérité, 2020)

Le discours médiatique actuel tend parfois à appuyer davantage sur les émotions, qu'il s'agisse de crainte ou d'enthousiasme, et tend à exagérer les capacités réelles de l'IA. (*Apprendre ensemble pour une intelligence artificielle responsable*, 2024).

3.2.7.1 Définition et dimensions

Afin d'évaluer le niveau de compétences et de connaissances des individus en IA, le concept de littératie en IA est fréquemment utilisé afin de quantifier la capacité d'un individu à naviguer dans un monde transformé par l'IA.

La littératie en IA est une sous-catégorie d'autres formes de littératie (*La littératie permettrait-elle une meilleure gestion algorithmique?*, 2023) telles que la littératie numérique (Gilster and Gilster 1997) et la littératie algorithmique. (*La littératie permettrait-elle une meilleure gestion algorithmique?*, 2023)

Bien que le concept ait plusieurs interprétations (Wang et al., 2023), l'étude se basera sur les définitions suivantes :

La littératie en IA est « *la capacité de comprendre, d'utiliser et d'évaluer de manière critique les technologies de l'IA dans un contexte professionnel.* » (Hétu, 2024).

« *La littératie en matière d'IA est un ensemble de compétences qui permet aux individus d'évaluer de manière critique les technologies d'IA, de communiquer et de collaborer efficacement avec l'IA et d'utiliser l'IA comme un outil en ligne, à la maison et au travail* » (Long & Magerko, 2020)
(Traduction de l'auteur)

Les outils permettant la mesure de la littératie en IA sont pluriels. Et chacun de ces outils redéfinit les frontières des dimensions mesurées par le concept.

En se basant sur des études sur la mesure de la littératie digitale et le modèle KSAVE, le travail de (Wang et al., 2023) apporte une confirmation quant aux dimensions clés de la littératie en IA, au nombre de quatre :

- Conscience (Awareness): « La Conscience se réfère à la capacité d'identifier et de comprendre les technologies d'IA durant l'utilisation d'application qui utilisent de l'IA »
(Traduction de l'auteur)
- Usage (Usage): « L'Usage se réfère à la capacité d'utiliser et d'exploiter les technologies d'IA pour effectuer des tâches de manière proactive. » (Traduction de l'auteur)
- Évaluation (Evaluation): « L'Évaluation se réfère à la capacité d'analyser, de choisir et d'évaluer de manière critique les applications d'IA et leurs résultats. » (Traduction de l'auteur)

- Éthique (Ethics): « L'Éthique se réfère à la capacité d'être conscient des responsabilités et des risques associés à l'usage des technologies d'IA. » (Traduction de l'auteur)

L'outil de mesure de littératie en IA de MoovAI (Hétu, 2024) est quant à lui particulièrement adapté à l'utilisation de l'IA dans le milieu de l'entreprise. Les dimensions qu'il mesure sont les suivantes :

- **Concepts de base de l'IA** : Comprendre la terminologie de l'IA, les types d'IA et les techniques courantes telles que l'apprentissage automatique.
- **Capacités et limites de l'IA** : Reconnaître ce que l'IA peut et ne peut pas faire dans des contextes professionnels.
- **Maîtrise des données** : Comprendre le rôle des données dans l'IA, y compris les questions de qualité, de partialité et de confidentialité.
- **Considérations éthiques** : Conscience des implications éthiques de l'IA, y compris l'équité et la responsabilité.
- **Impact sur les affaires** : Comprendre comment l'IA peut transformer les processus et stimuler l'innovation.

3.2.7.2 Lien entre littératie en IA et milieu de travail

Comme précisé ci-dessus, le niveau de littératie en IA est hétérogène au sein de la population québécoise. Ces disparités se retrouvent chez les travailleurs.

En effet, il semble que le niveau de littératie en IA chez les individus aux postes de direction dépend de variables socio-économiques, telles que la taille de l'entreprise et le secteur de celle-ci. On retrouve statistiquement chez les gestionnaires des PME un niveau de littératie numérique, et à fortiori de littératie en IA, plus faible que dans des entreprises de plus grande taille. Ces lacunes pourraient être induites par une plus faible formation technique ou stratégique en la matière. Elles

se traduisent pour ces entreprises par des difficultés à cerner les possibilités d'utilisation de l'IA et son potentiel pour l'entreprise.

Des études ont montré qu'un faible niveau de littératie en IA, chez les individus occupant des postes de direction notamment, était susceptible de freiner l'adoption de l'IA au sein de l'entreprise. (Cayrat & Charles, 2021). Une étude de McKinsey (*McKinsey Global Surveys on the State of AI*, 2024) révélait que la supervision du développement de l'IA par le CEO était l'élément le plus corrélé à l'utilisation de l'IA générative au sein de l'entreprise sondée.

En effet, un manque de connaissance quant à la technologie, un manque de confiance quant aux capacités de l'IA et des difficultés de compréhension des usages de l'IA ont été identifiés par certains comme parmi les principaux obstacles à l'adoption de l'IA. (Cayrat & Charles, 2021) (De Marcellis-Warin, 2022)

Le niveau de littératie en IA joue un rôle clé dans l'adoption de l'IA.

Une bonne compréhension de l'IA, de son potentiel et de ses usages permet aux gestionnaires d'entreprises de prendre des décisions éclairées quant à son implémentation. La perception de l'IA impacte l'attitude face à la technologie, et donc la propension à son adoption. En somme : « vous ne pouvez utiliser ce que vous ne comprenez pas » (L'impératif de l'IA au Canada : Des prédictions à la prospérité, 2020)

La mesure de la littératie en IA du répondant, ou de certaines de ses dimensions, apparaît donc comme essentielle pour cette étude. Cette mesure permettra d'une part de comparer la répartition du niveau de littératie en IA chez les gestionnaires selon les profils d'entreprise et le niveau d'adoption de l'IA. De plus, l'étude du niveau de littératie en IA du répondant permettra de pondérer les réponses apportées par celui-ci.

3.2.8 Tendances de l'adoption de l'IA

Différentes études ont déjà donné des résultats sur le profil des entreprises qui adoptent l'IA, mais l'effervescence du milieu et l'émergence de nouveaux produits/services changent continuellement la donne. A titre d'exemple, l'arrivée sur le marché de Deepseek a permis à de nombreuses entreprises de bénéficier d'un SIA de type LLM, open source, à des prix défiant le marché (*Blog - DeepSeek : L'IA chinoise qui bouleverse le marché et fait chuter les actions tech*, s. d.)

Voici quelques chiffres significatifs quant aux tendances du phénomène d'adoption de l'IA:

- Qui (profil socio-économique) :

L'étude (*mgf-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) indique que généralement les grandes entreprises (500 employés et plus) sont pionnières dans l'adoption des technologies de l'information. Cette observation est aussi vraie pour l'IA. En 2017, ces grandes entreprises avaient une probabilité d'avoir adopté au moins une technologie d'IA 10% supérieure aux petites entreprises. Dans des secteurs où l'adoption de l'IA est plus faible, cette probabilité pouvait atteindre 300%.

Cette importante différence du taux d'adoption peut s'expliquer par les facteurs d'adoption suivants :

D'abord, les grandes entreprises font généralement une meilleure exploitation de leurs données. Celles-ci sont mieux structurées, accessibles et plus nombreuses. Ensuite ces entreprises ont plus souvent des profils en interne avec les compétences nécessaires pour saisir les enjeux d'une telle technologie. (*mgf-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) Enfin l'avantage financier joue aussi un rôle non négligeable. (*mgf-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) Les

entreprises ont généralement plus de ressources à mobiliser sur les projets d'innovation.(BenLetaifa & Rabeau, 2012)

Les entreprises qui adoptent sont généralement regroupées dans des secteurs ayant déjà massivement investi dans des technologies digitales, notamment dans les technologies du cloud ou des big data. (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) Pour ces secteurs, l'IA ne représente pas une technologie de rupture, un changement de paradigme soudain, mais plutôt la prochaine phase de digitalisation.(*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017). Ces secteurs pionniers dans l'adoption sont notamment l'industrie de l'information et l'industrie culturelle (20,9 %), les services professionnels, scientifiques et techniques (13,7 %) et la finance et les assurances (10,9 %). » (Gouvernement du Canada, 2024)

Certains secteurs ont été priorisés dans les plans stratégiques de financement et de soutien au Québec : Santé, Énergie, Mobilité, Logistique et Finance (*Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*, 2018)

Enfin, d'après les statistiques de (Gouvernement du Canada, 2024), l'âge de l'entreprise influence la propension de celle-ci à intégrer une technologie d'IA : les jeunes entreprises sont plus susceptibles d'adopter un des logiciels d'IA au cours des 12 prochains mois que les entreprises plus âgées (31% des entreprises de 10 ans ou moins, contre 18,7 % pour les entreprises de 11 ans et plus, préoyaient d'adopter un logiciel d'IA).

- Quoi (quelle technologie d'IA) :

En 2016 les techniques d'IA qui captaient le plus d'attention était l'apprentissage automatique et l'apprentissage profond, avec 60% des investissements externes (ie des fonds qui proviennent de sources extérieures à l'entreprise).

En 2024, parmi 10 173 entreprises ou organismes canadiens ayant déclaré utiliser l'IA dans la production de biens et de services, les chiffres suivants ont été mesurés :

- 28,9 % ont déclaré utiliser le traitement du langage naturel
- 27,0 % l'analyse de textes utilisant l'IA
- 26,5 % des agents virtuels ou robots conversationnels
- 25,0 % de l'analyse de données utilisant l'IA
- 21,9 % des grands modèles de langage
- 21,8 % de la reconnaissance des images et des motifs (Gouvernement du Canada, 2024)

(Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle, 2018)

3.2.9 Conclusion

L'adoption de l'IA représente un enjeu de taille pour les entreprises.

Bon nombre d'entre elles en mesure désormais le potentiel. Les usages sont multiples et les possibilités de bénéfices associés sont importantes. Malgré une volonté d'adopter l'IA, beaucoup reconnaissent ne pas être prêts. (Ryseff et al., 2024)

Les ressources que son adoption requiert sont en effet importantes, qu'elles soient économiques, humaines ou technologiques. Disposant d'un profil qui lui est propre, chaque entreprise présente ses propres forces et faiblesses.

A la manière d'une entreprise qui prendrait trop tardivement le virage en IA, et dont l'écart technologique avec les autres entreprises en avance se creuserait, il n'est pas envisageable pour le Québec de se laisser distancer dans cette course à l'IA.

La partie suivante de la revue de littérature va détailler le rôle joué par les structures d'accompagnement pour une adoption à grande échelle de l'IA dans les entreprises.

3.3 L'accompagnement et la collaboration pour la réussite des projets en IA

L'adoption de l'IA dans le milieu du travail représente tout à la fois enjeu économique majeur pour les états et un défi de taille pour les entreprises. Celles-ci ne disposent pas toujours des compétences, des connaissances ou du budget à l'interne pour mener efficacement leur projet d'innovation. Pour maximiser les chances de réussite, les entreprises peuvent faire appel à des aides ou des soutiens externes, afin de combler ces lacunes.

Le Québec s'illustre notamment sur cette stratégie, en cultivant un écosystème d'innovation en IA de renommée mondiale, qui a été présenté dans le contexte de cette étude.

Cette partie de la revue de littérature va permettre de revenir sur les possibilités de collaboration et de soutien au sein de l'écosystème IA du Québec, et de détailler les enjeux de l'accompagnement dans le processus de l'adoption de l'IA.

3.3.1 L'écosystème : un facilitateur pour l'adoption de l'IA

L'écosystème joue un rôle clé dans l'adoption de l'IA par les organisations. (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec, 2022*). Celui-ci permet la mise en relation des différents acteurs, et favorise ainsi les activités de collaboration.

En effet, à ce jour, près de 400 entreprises québécoises se sont lancées dans l'adoption de solutions d'IA, en intégrant directement les aboutissements de la recherche, à travers des projets en collaboration avec des acteurs de l'IA. (*Chercheurs et entreprises du Québec travaillent conjointement à accélérer l'adoption de l'IA, 2025*)

3.3.1.1 La collaboration et l'innovation

La collaboration peut être définie comme :

« Un lien de coopération externe (dans la chaîne ou par le biais du conseil) qui établit un accord volontaire visant à partager et combiner les connaissances et les ressources, dans le but de créer un avantage concurrentiel et une plus grande valeur pour les clients finaux »

(GONZÁLEZ-BENITO et al., 2013) (Traduction de l’auteur)

La collaboration est identifiée par certains comme un levier crucial d’innovation. (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.) Les activités de collaboration permettent de stimuler l’innovation. (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.) En effet, des activités de collaboration au sein d’entreprises pourraient déclencher un éveil aux questions de l’IA, et pousser ces entreprises à acquérir les compétences nécessaires à son adoption (De Marcellis-Warin, 2022)

La collaboration est un facteur clé de la réussite des projets en innovation. (De Marcellis-Warin, 2022). Les entreprises qui collaborent peuvent mobiliser des ressources dont elles ne disposent pas en interne, (GONZÁLEZ-BENITO et al., 2013) et combler ainsi des lacunes. (De Marcellis-Warin, 2022) Ces ressources peuvent être de différentes natures : matérielles, financières, humaines. L’acquisition de ces ressources coûtant cher à l’entreprise, elle gagne à les mobiliser par le biais d’une structure externe. (GONZÁLEZ-BENITO et al., 2013).

3.3.1.2 L’accompagnement, une forme spécifique de collaboration

Au sein des activités de collaboration, peut être identifiée une forme particulière de collaboration, que la littérature qualifie d’« accompagnement ». La collaboration fait principalement état d’une coopération horizontale entre acteurs, tandis que l’accompagnement s’illustre par la verticalité du lien.

L’accompagnement peut être défini comme tel :

« un processus organisé par une tierce partie, s’inscrivant dans la durée et permettant à un (ou des) entrepreneur(s) de bénéficier d’une dynamique d’apprentissage (formation, conseil, etc.), d’un accès à des ressources (financières, informationnelles, etc.), d’une mise en réseau, des services (administratifs, hébergement, etc.) et d’une aide à la décision (coaching, mentorat, etc.) ».
(L’accompagnement vers la : une source d’inspiration pour les entrepreneurs en phase de pré-creation, s. d.)

L’accompagnement, malgré la dissymétrie apparente des acteurs, reste dans le cadre de la collaboration. L’activité d’accompagnement nécessite une coopération, une confiance. L’activité d’accompagnement est source de bénéfices pour les deux structures (GONZÁLEZ-BENITO et al., 2013). En effet, dans le cadre de l’accompagnement des projets en IA, les structures d’accompagnement tirent de ces activités avec les entreprises un gain d’expérience (Sarhan Abdennadher, 2021) ainsi que de la visibilité.

Il existe un grand nombre d’acteurs de l’écosystème IA qui jouent le rôle de structures d’accompagnement : centres de transfert technologique, intermédiaires de recherche, consultants, mentorat, incubateurs et accélérateurs. Ces structures peuvent être de nature public (universités, institutions de recherche) ou privées. (Fioravanti et al., 2023)

3.3.1.3 Quel rôle jouent les structures d’accompagnement

Les rôles portés par les structures d’accompagnement sont nombreux et propres à chaque structure. Parmi ces rôles, les structures d’accompagnement permettent notamment de suivre les entreprises dans leur projet en IA, en intervenant à de nombreux échelons du processus, notamment lors du diagnostic de l’entreprise, de sa maturité numérique et de ses besoins (De Marcellis-Warin, 2022; IVADOLabs | Notre Histoire, s. d.), ou en fournissant un support technique tout au long du développement du projet (IVADOLabs | Notre Histoire, s. d.) (De Marcellis-Warin, 2022).

Le support technique peut être de nature humaine, en joignant à l'équipe en charge du projet des experts (*IVADOLabs | Notre Histoire*, s. d.); infrastructurelle, en mettant au service de l'entreprise une puissance de calcul (*calculquebec.ca*, s. d.); ou encore financière, en guidant les entreprises vers les financements gouvernementaux de projets en IA (*IVADOLabs | Notre Histoire*, s. d.) ou en injectant les investissements gouvernementaux directement dans des projets en collaboration entre la structure d'accompagnement et l'entreprise.

Un rôle commun à de nombreuses structures d'accompagnement est celui de « traducteur ». En effet, les entreprises font état de difficultés à comprendre le fonctionnement l'IA lorsque celui-ci est expliqué directement par les universités (Fioravanti et al., 2023). Les structures d'accompagnement permettent de faciliter le lien entre la recherche et les applications concrètes en entreprise. (De Marcellis-Warin, 2022)

Les structures d'accompagnement peuvent insuffler aux entreprises les compétences nécessaires à l'adoption de l'IA, soit en effectuant des formations en IA au sein de l'entreprise (le programme Activation IA du CRIM offre par exemple une formation qui couvre la gestion des données, les connaissances de base sur l'IA, les possibilités d'usage de l'IA) (*Accueil - Activation IA*, 2024), ou en facilitant le recrutement (par la création de liens avec les étudiants) (*Rapport_IA_CIQ*, s. d.).

La mission clé d'une structure d'accompagnement est d'assurer le transfert de connaissances. Le transfert de connaissances est le processus par lequel une personne, un groupe ou une entreprise acquiert de l'expérience, de la connaissance, par un tiers. (Fioravanti et al., 2023). Ce transfert de connaissances dans l'entreprise peut s'effectuer à différents échelons, tant sur les employés, que les personnes en charge de la direction. (De Marcellis-Warin, 2022).

La qualité du transfert de connaissance peut être observée par le niveau d'indépendance pris par l'entreprise vis-à-vis de la structure d'accompagnement (BenLetaifa & Rabeau, 2012). Il est important de rappeler que le transfert de connaissance et la prise d'indépendance n'impliquent pas que l'entreprise mènera seule ses futurs projets en IA. L'accompagnement a été identifié comme un moyen de favoriser les collaborations avec d'autres tiers, par la mise en réseau notamment (Numeria X, s. d.).

3.3.2 Limites à l'impact de l'accompagnement

Malgré les bienfaits des activités d'accompagnement exprimés ci-dessus, certaines entreprises émettent des réserves quant à l'impact de ces collaborations sur la réussite des projets en IA et l'adoption de l'IA de manière générale.

D'abord, certaines entreprises peinent à identifier ces structures de collaboration (*Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*, 2018), et à reconnaître les acteurs ou les ressources adaptés à leurs besoins. (De Marcellis-Warin, 2022)

Ensuite, ce vaste écosystème d'innovation présente de nombreux acteurs, mais ces derniers manquent de coordination et de relation entre eux. (*Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*, 2018). Les objectifs et ressources de chacun manquent d'une séparation claire, et des redondances surviennent dans leurs rôles (Borrás et al., 2024). Certains pointent la nécessité de disposer d'une entité régulatrice qui permettrait l'organisation de cet écosystème. (Albouze, 2019)

L'accompagnement fourni peut parfois être trop standardisé et mal s'adapter à la réalité de l'entreprise accompagnée. Les PME n'ont, par exemple, pas les ressources humaines suffisantes

pour envoyer leurs employés suivre des formations en IA, et s'absenter de leurs tâches. (De Marcellis-Warin, 2022)

Enfin, les entreprises pointent des problèmes de transfert de connaissances. Les solutions développées avec les structures d'accompagnement sont difficilement maintenues, et restent souvent à l'état de prototypes. (De Marcellis-Warin, 2022) En effet, les entreprises peinent à mobiliser les connaissances transmises par la structure d'accompagnement, ou à recruter les profils nécessaires (avec la pénurie de talents en IA) (De Marcellis-Warin, 2022). De ce fait, les entreprises peinent à poursuivre les travaux initiés par l'activité d'accompagnement sans faire à nouveau appel à cette structure. (BenLetaifa & Rabeau, 2012)

Ainsi, les acteurs de l'écosystème en IA du Québec apparaissent comme d'importants vecteurs d'innovation et d'adoption de l'IA par les entreprises. Ils ont la possibilité de jouer un rôle clé dans le virage technologique futur du Québec.

En accompagnant les entreprises dans leur transition technologique, et notamment lors de la réalisation de projets en IA, ces structures agissent en tant qu'intermédiaire entre la recherche et le marché. Ces structures permettent le transfert de connaissances nécessaires aux entreprises pour mener par la suite des projets d'innovation en IA avec une certaine autonomie.

Cependant, leur impact est parfois mitigé par les entreprises. Celles-ci pointent des difficultés à identifier les acteurs et les ressources, à gagner en autonomie, et à prolonger le travail mené en collaboration sur les projets en IA.

3.4 Conclusion

La revue de littérature a mis en relief les enjeux de l'adoption de l'IA. Son intégration repose, au même titre que d'autres technologies davantage éprouvées, sur de multiples facteurs, tant physiques qu'immatériels. Par leur pluralité et les liens qui existent entre eux, la revue de littérature a fait ressortir la complexité de la description du phénomène. Les activités d'accompagnement apparaissent comme un facteur supplémentaire qui s'ajoute dans la balance. Quels sont les facteurs qui pèsent le plus dans cette adoption ? Quels liens existent-t-ils entre eux ? Quelle est la nature de ces liens ? La partie suivante va permettre de reformuler ces interrogations.

CHAPITRE 4 MÉTHODOLOGIE

A partir de la précédente revue de littérature, l'étude va formuler des propositions de recherche et proposer un modèle conceptuel. Les propositions établissent des liens hypothétiques entre les différents concepts relatifs à l'adoption de l'IA développés dans la revue de littérature.

Afin d'étudier ces propositions, l'étude va procéder qualitativement, en conduisant une série d'entrevues auprès d'acteurs de l'accompagnement en IA. Les entrevues permettent de valider la pertinence des variables identifiées et leurs liens, et d'explorer plus en détails certains aspects de la question de recherche qui n'auraient pas été identifiés.

Ensuite, la présente recherche a pour but de construire les fondements méthodologiques d'une étude quantitative par sondage, qui sera l'objet d'un prochain mandat de recherche. Cette étude quantitative permettra d'étudier statistiquement les différentes propositions. Cette construction comprend la création de l'instrument de mesure (un questionnaire), son test et son encodage en ligne. La rédaction du code pour son exploitation statistique ainsi que les étapes de son administration et du traitement des réponses ne font pas l'objet central de ce mémoire, mais des pistes de réflexion seront consignées en annexe.

La méthode détaillée ci-dessous retrace la formulation des propositions de recherche, la construction du guide d'entrevues et du sondage, et les choix méthodologiques réalisés pour l'étude qualitative et quantitative.

4.1 Formulation des propositions de recherche

En s'appuyant sur la littérature, plusieurs constats peuvent être extraits et être formulés en propositions de recherche directrices.

Le niveau de littératie en IA sur le marché du travail québécois est hétérogène. (*Les impacts de l'intelligence artificielle sur le travail et l'emploi*, s. d.) Celui-ci est généralement plus faible chez les individus occupant des postes de direction au sein des PME. (*Les impacts de l'intelligence artificielle sur le travail et l'emploi*, s. d.) Les grandes entreprises ont tendance à avoir une meilleure connaissance de l'IA et de ses usages. (mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf, 2017)

La taille de l'entreprise a été relevé comme un facteur de la maturité numérique : les grandes entreprises ont généralement accès à une base de données mieux structurées, et disposent plus généralement de profils en mesure de comprendre les besoins en IA. (mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf, 2017). Le secteur apparaît aussi comme un facteur de maturité numérique : certains secteurs sont historiquement en avance dans leur transformation numérique. (mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf, 2017)

Enfin, la nature des freins à l'adoption de l'IA ainsi que le rapport à la technologie diffèrent selon la taille de l'entreprise (mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf, 2017), son secteur (Gouvernement du Canada, 2024) ou son âge (Zolas, 2020).

Par souci de sobriété dans la formulation des propositions, les variables de maturité numérique, de littératie en IA du répondant et de freins à l'adoption de l'IA seront groupées dans une même variable : le profil numérique.

Ce choix méthodologique est motivé par les observations des études sur les facteurs influençant l'adoption de l'IA (Alshahrani et al., 2024), faisant état de corrélations entre les facteurs TB02 (digitalisation), LB03 (capacité des usagers à apprendre) et d'autres facteurs regroupés dans les freins à l'adoption de l'IA.

Dans l'analyse et les résultats, l'influence de chaque variable sera toutefois étudiée indépendamment des autres. La première proposition formulée est la suivante :

H1 – Le profil socio-économique des entreprises influence le profil numérique

Ensuite, il est fait mention d'une distinction dans les formes de collaboration entre les entreprises selon la taille de celle-ci : les grandes entreprises utilisent davantage le consulting, les petites entreprises bénéficient plus de « channel collaboration ». (GONZÁLEZ-BENITO et al., 2013)

Les besoins en accompagnement financier diffèrent aussi selon la taille de l'entreprise, avec notamment une part d'investissements interne plus importante chez les grandes entreprises. (*mg-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017)

Aux vues des précédents résultats de la littérature concernant la répartition de la littératie en IA, des freins et de la maturité numérique selon le profil de l'entreprise, il semble pertinent de s'intéresser au lien entre le profil socio-économique des entreprises et la nature des soutiens (techniques, financiers, stratégiques...) reçus.

La deuxième proposition formulée, ainsi que ses sous propositions est la suivante :

H2 – Le profil socio-économique des entreprises influence l'accompagnement

- H2.a : Le profil socio-économique de l'entreprise influence la nature de l'appui technique.
- H2.b : Le profil socio-économique de l'entreprise influence la nature des soutiens reçus.

Le profil numérique (maturité numérique, littératie en IA, freins à l'adoption) semble influencer l'adoption de l'IA (nombre de projets, date du premier projet, réussite et bénéfices).

En effet, d'après (*mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf*, 2017) les adopteurs précoces de l'IA ont un profil commun, dans lequel on retrouve notamment les entreprises déjà en avance sur le numérique, ayant déjà fait des investissements dans d'autres technologies connexes à l'IA.

Une étude de 2019 (Cayrat & Charles, 2021) Identifiait auprès de citoyens canadiens et d'entreprises internationales le manque de connaissances en IA, le manque de confiance dans les décisions prises par l'IA comme obstacles critiques à l'adoption de cette technologie par les entreprises canadiennes.

Le manque de compréhension des décideurs et des gestionnaires sur les opportunités et les enjeux de l'IA a été identifié comme une barrière à l'adoption de ces technologies. (De Marcellis-Warin, 2022)

L'influence des variables regroupées dans le profil numérique est appuyée dans la littérature, reste à étudier l'influence de chacune de ces variables sur les dimensions de l'adoption de l'IA.

Le nombre de projets en IA a été choisi comme variable proxy du degré d'adoption technologique de l'IA. (Dubois & Koriajnova, s. d.)

H3 – Le profil numérique influence l'adoption de l'IA

- H3.a : Les variables du profil numérique influencent la date d'un premier projet en IA.
- H3.b : Les variables du profil numérique influencent le nombre de projets en IA.
- H3.c : Les variables du profil numérique influencent la réussite d'un projet en IA.
- H3.d : Les variables du profil numérique influencent la propension à mener des projets futurs en IA.

L'activité de collaboration entre entreprise et structure d'accompagnement a été présentée dans la littérature comme un facteur essentiel à l'adoption de l'IA (De Marcellis-Warin, 2022). Les rôles de ces structures ont été présentés dans la partie de la revue de littérature relative à ces structures.

Pour le soutien financier, la revue de littérature a établi les freins financiers comme obstacles conséquents dans le processus d'adoption de l'IA. (*Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec*, 2022) (mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf, 2017). Il semble pertinent d'étudier l'effet modérateur du soutien financier dans ce lien.

L'accompagnement apparaît donc comme une variable modératrice du lien entre le profil numérique et l'adoption de l'IA.

H4 – L'accompagnement (soutien financier, soutien technique) modère le lien entre profil numérique et adoption de l'IA.

- H4.a : l'accompagnement technique est une variable modératrice dans le lien entre profil numérique et adoption de l'IA.
- H4.b : l'accompagnement financier est une variable modératrice dans le lien entre profil numérique et adoption de l'IA.

Enfin, certaines entreprises ayant eu une mauvaise première expérience d'implantation de système d'IA sont davantage réticentes à poursuivre leur effort et investissements dans ces technologies. (De Marcellis-Warin, 2022).

Cette observation illustre le phénomène de décision d'innovation, notamment le passage de la phase de production à celle d'adoption, reposant sur la confiance des dirigeants et des analystes d'affaire dans la pérennité du projet. (Cayrat & Charles, 2021)

H5 – La réussite d'un premier projet IA influence la propension de l'entreprise à initier d'autres projets en IA.

4.2 Modèle conceptuel de l'adoption de l'IA en entreprise

A partir des propositions qui ont été formulées en se basant sur la littérature, un modèle conceptuel préliminaire de l'étude a été construit.

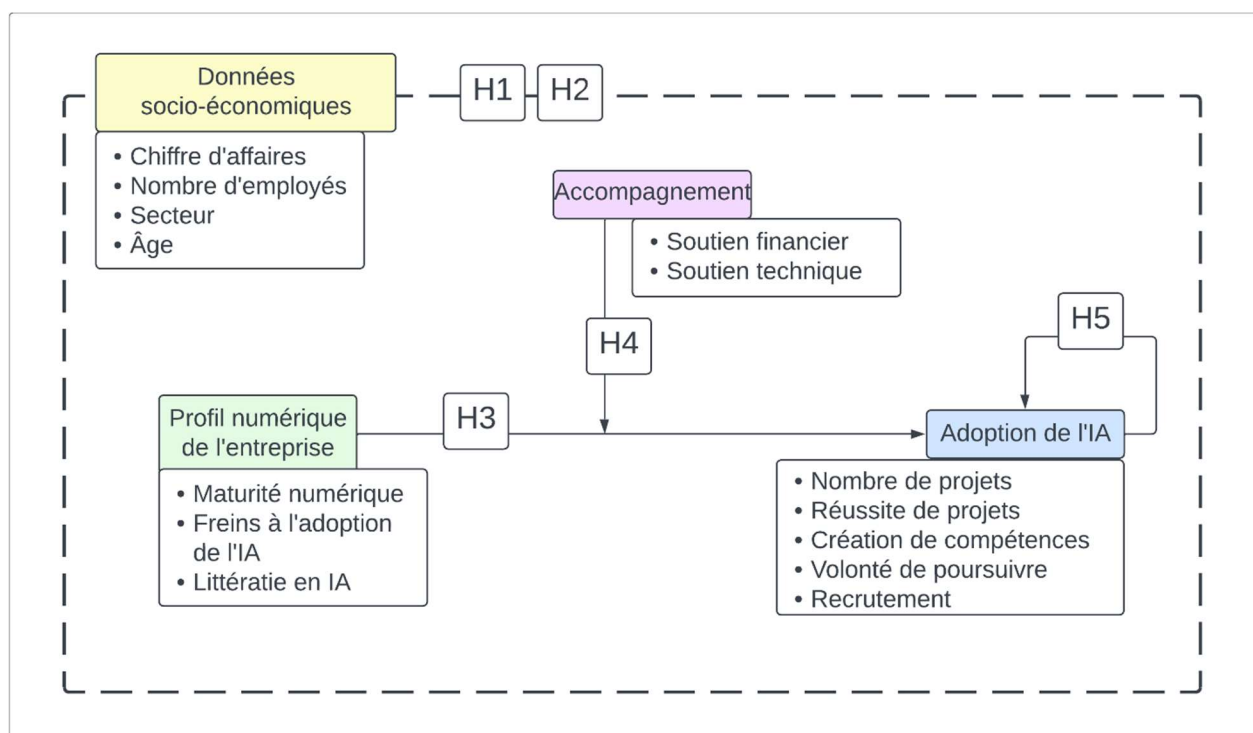


Figure 4.1 : Modèle conceptuel de l'adoption de l'IA au sein des entreprises

Celui-ci permet une représentation visuelle des concepts (cases de couleurs) et permet de comprendre les liens de causalité (par la sens de la flèche) qui existent entre différentes variables (figurant dans les encadrés blancs).

Il permettra par la suite de comprendre le rôle qu'occupe chaque variable dans le modèle (une variable peut ainsi occuper le rôle de variable indépendante dans une équation, et dépendante dans une autre équation où elle sert à expliquer une autre variable).

Ce modèle a été conçu afin de limiter certains biais de l'analyse des résultats, comme la surcharge du modèle et le risque de multi-colinéarité des variables indépendantes.

4.3 Population cible et échantillonnage

Deux populations différentes sont visées pour les deux enquêtes. Ces populations font l'objet d'un échantillonnage non-probabiliste, dit raisonné : les répondants seront sélectionnés par le chercheur, selon des critères qui seront définis dans cette partie.

Pour l'enquête par entrevue, le groupe visé est celui des structures d'accompagnement en IA au Québec. Parmi les profils des acteurs de l'IA exposés dans la mise en contexte de l'étude, les profils suivants ont été identifiés comme jouant un rôle de structure d'accompagnement :

- Les laboratoires universitaires de recherche fondamentale et instituts de recherche
- Les organismes voués aux conseils et aux collaborations industrielles
- Les entreprises de service-conseil en intégration de l'IA
- Les incubateurs et accélérateurs

Pour chacun de ces profils, l'équipe cherchera à entrer en contact avec des acteurs, ayant suffisamment d'expérience dans le domaine pour garantir la pertinence des réponses. L'équipe de recherche apportera un soin particulier à veiller à une certaine représentativité des différents profils de structures d'accompagnement présentés ci-dessus.

Les structures identifiées parmi les acteurs en IA au Québec comme appartenant à la population des structures d'accompagnement seront contactées par mail, au moyen du message de contact en annexe B, en utilisant le réseau du CIRANO.

Il leur sera proposé de fournir plusieurs contacts de membres de leur structure ayant un profil correspondant au profil visé.

Les participants retenus pour les entrevues sont ceux ayant une forte expérience dans les activités d'accompagnement et d'intelligence artificielle. Les profils des participants et des structures d'accompagnement rencontré lors des entrevues seront présentés dans la partie résultats.

Pour l'enquête par sondage, la population visée pour cette étude est celle des entreprises québécoises. Les entreprises à contacter ont été identifiées à partir de deux bases de données en libre accès sur le site les Affaires :

- Le classement 2024 des 300 plus grandes entreprises du Québec (Affaires, 2024a)
- Le classement 2024 des 300 plus grandes PME du Québec (Affaires, 2024b)

Les bases de données mentionnées ci-dessus permettent d'avoir accès à un large échantillon d'entreprises qui correspondent à la population cible.

Il faut toutefois vérifier les hypothèses sur lesquelles ont été formées ces bases de données, afin d'éviter un biais de couverture (Groves et al., 2011). Le biais de couverture survient lorsque le cadre d'échantillonnage (ici la liste des entreprises contactées pour répondre) ne correspond pas à la population cible réelle. Si tel est le cas, les résultats de l'étude ne pourraient être généralisés à l'ensemble des entreprises québécoises.

La méthodologie d'échantillonnage figure avec ces bases de données. Les informations ont été recueillies auprès des entreprises par le biais d'un formulaire dont le remplissage est volontaire.

Les formulaires ont été soumis respectivement du 12 mars au 9 mai 2024, et du 28 août 2024 au 9 octobre 2024.

Pour les deux bases de données, les entreprises ont été classées par leur nombre d'employés à temps plein au Québec. Le critère de sélection des entreprises diffère entre les deux bases de données :

- Pour les grandes entreprises, seules les sociétés mères ou les divisions canadiennes d'entreprises étrangères font partie de la base de données.
- Pour les PME, seules les entreprises dont la majorité des actions est québécoise font partie de la base de données. Les entreprises dépassant les 300 employés n'ont pas été sélectionnées.

L'étude estime que le biais d'échantillonnage est donc négligeable.

Les répondants envisagés pour l'enquête quantitative sont des membres de ces entreprises occupant un poste proche des postes identifiés ci-dessous :

- Président directeur général (PDG)
- Vice-Président (VP)
- Directeur Opération
- Directeur Technologique

4.4 Construction du guide d'entrevue

Le guide d'entrevue semi-dirigé à destination des structures d'accompagnement permet d'étudier les propositions de recherche formulées plus haut selon le prisme de l'accompagnateur. Il apporte ainsi une compréhension contextualisée du phénomène en complément des analyses quantitatives, et permettra aussi d'observer les différences de points de vue entre accompagnateurs et entreprises.

1) Propositions et thématiques

La construction du guide est basée sur les propositions du modèle conceptuel ainsi que sur les concepts et variables qui y figurent. De cette manière, une continuité entre l'étude qualitative et quantitative est assurée. Cela permet aussi de s'assurer que les questions du guide d'entrevue couvrent au maximum les propositions et questions de recherche.

2) Construction des questions

Les liens entre les variables sont ensuite formulés sous la forme de questions. Les propositions auxquelles ces questions se rapportent sont précisées à côté. Le guide d'entrevue est dit semi-dirigé, puisque des questions sont formulées par l'équipe de recherche afin d'orienter la discussion autour des thématiques et des notions d'intérêt.

L'équipe de recherche a veillé à formuler des questions le moins biaisées ou orientées possible. Ce choix renforce d'une part la validité de l'enquête et permet d'autre part d'ouvrir les réflexions autour de thématiques qui n'auraient pas été identifiées par l'équipe de recherche. Les chercheurs ont la possibilité de faire des interventions qui ne figurent pas dans ce guide afin de préciser certaines réflexions.

3) Regroupement thématique

Les questions sont regroupées selon des thématiques qui suivent une logique fluide en entonnoir : les premières questions sont concrètes et personnelles, et la discussion s'ouvre au fur et à mesure sur des questions de plus en plus ouvertes. Ces thématiques vont former le squelette du guide d'entrevue et permettre le regroupement des questions.

Les thématiques sont les suivantes :

- Le répondant et sa structure. Cette première partie permet de comprendre le profil du répondant et de s'assurer qu'il correspond aux critères de l'enquête. Le répondant est ensuite amené

à décrire la structure dans laquelle il évolue (taille, nombre d'employés, spécificités, nombre d'entreprises accompagnées) et son lien aux projets en IA.

- La deuxième partie porte sur les entreprises qui ont été amenées à collaborer avec la structure. Le but est de comprendre leur profil socioéconomique (taille, secteur) et leur profil numérique (maturité numérique, niveau de littératie à l'interne, principaux freins à l'adoption de l'IA observés, répartition des freins selon les profils d'entreprises, bénéfices recherchés par l'adoption de l'IA).
- La troisième partie est relative à la démarche d'accompagnement. L'objectif est de comprendre les spécificités de la structure dans son processus d'accompagnement, les points sur lesquels elle agit (formation, soutien technique, stratégique, etc.) et son adaptation au profil des entreprises. Les répondants sont amenés à détailler le déroulement des projets en IA et les résultats (montée en maturité numérique, transfert de connaissances, continuité du projet).
- La dernière partie est une ouverture, avec des questions qui portent sur les défis de la transformation numérique et les défis auxquels fait face l'écosystème québécois.

4) Déroulement des entretiens

Les entretiens commencent par une introduction dans laquelle se trouve une présentation du projet de recherche et des objectifs, suivie de la demande de consentement du répondant à l'enregistrement de l'entretien. À la fin de l'entretien, le répondant est informé des publications des résultats qui seront faites et de la possibilité de les lui transmettre.

Les questions ont été choisies de sorte à faire tenir les entretiens dans une durée de 30 minutes.

Voici le guide qui a été construit :

Guide d'entrevue – Accompagnateurs

1) Introduction à l’entrevue

- Remerciements

Merci beaucoup de prendre le temps de participer à cet entretien.

- Présentation

Je suis Augustin Lefebvre, étudiant à la maîtrise recherche à Polytechnique Montréal, sous la direction de Nathalie de Marcellis-Warin.

Mon projet de recherche porte sur l’influence des structures d’accompagnement dans l’adoption de l’intelligence artificielle (IA) par les entreprises.

- Consentement à l’enregistrement

Avant de commencer, acceptez-vous que nous enregistrons cet entretien ?

L’enregistrement servira uniquement à faciliter la retranscription fidèle de vos propos et sera supprimé après utilisation. Les données utilisées dans le mémoire seront présentées de manière à garantir votre anonymat, et une attention particulière sera portée au respect de la confidentialité.

2) La structure

Q1-A) Pourriez-vous présenter brièvement la structure dans laquelle vous travaillez (taille, date de création, lieu, activités) ?

Q1-B) Quel est votre rôle au sein de cette structure ?

3) Les entreprises accompagnées

Profil et facteurs socio-économiques

Q2-A) Combien d’entreprises avez-vous accompagné à ce jour ?

Q2-B) Quel est le profil des entreprises qui se tournent vers vos services ? (taille, secteur, âge de l’entreprise, niveau de maturité numérique) **[H2.a]**

Q2-C) Observez-vous une différence du niveau de littératie en IA dans les postes de direction selon le profil de l’entreprise ? **[H1.b]**

« La littératie en matière d'IA est un ensemble de compétences qui permet aux individus d'évaluer de manière critique les technologies d'IA, de communiquer et de collaborer efficacement avec l'IA et d'utiliser l'IA comme un outil en ligne, à la maison et au travail »

Freins à l'adoption de l'IA

Q2-D) Quels sont, selon vous, les principaux freins à l'adoption de l'IA rencontrés par les entreprises avant ou pendant l'accompagnement ? (*ex. financement, compétences, culture organisationnelle*) [H3]

Q2-E) Observez-vous une répartition différente de ces freins selon les profils des entreprises ? [H1.a][H1.c]

4) L'accompagnement

Démarche et nature de l'appui

Q3-A) Pourriez-vous décrire votre démarche d'accompagnement en IA ? (*en décrivant notamment le type de soutien, qu'il soit technique, financier, de formation*)

Q3-B) Adaptez-vous votre démarche selon la nature du projet ou du profil de l'entreprise ? [H2.b]

5) Résultats et impacts

Q3-C) Quels résultats observez-vous sur les projets en IA des entreprises accompagnées (réussite, pérennité, nombre de projets réalisés) ? [H4.a]

Q3-D) Avez-vous remarqué un effet de « première réussite » : les entreprises qui réussissent un premier projet sont-elles plus enclines à poursuivre avec d'autres projets ? [H5]

Q3-E) Observez-vous un transfert de connaissances ou de compétences IA entre votre structure et les entreprises accompagnées ? Si oui, sous quelle forme (formation interne, embauche, création d'équipe IA) ? [H4.a]

6) Ouverture

Q4-A) Quel est, selon vous, le plus gros besoin des entreprises pour réussir leur transformation numérique en IA ?

Q4-B) Souhaitez-vous rajouter quelque chose à cet entretien ?

4.5 Construction du questionnaire

La construction d'un questionnaire se confronte à deux forces opposées : la nécessité de construire un instrument qui mesure efficacement les concepts, auquel s'oppose une limite de longueur et de temps de remplissage, si l'on souhaite que le répondant ne soit pas découragé par le temps à investir dans la complétude du questionnaire. La longueur du questionnaire a été pensée de sorte à respecter un temps de complétude en deçà des 15 à 20 minutes recommandés par la littérature. (Gingras & Belleau, 2015)

La structuration à l'intérieur et entre les parties du questionnaire a été pensée de sorte à fluidifier au maximum son déroulé. Ainsi, les questions plus personnelles et ne demandant pas un effort de réflexion trop important ont été mises à la fin. Les premières questions s'appliquent à tous les répondants et ont une échelle de mesure qui facilite la complétude des questions. Les parties se succèdent de sorte que chacune découle de la précédente. Au sein d'une même partie, les questions ont été regroupées par thématique et par échelle de mesure.

La rédaction des questions a été faite de sorte à maximiser la validité de l'étude (les questions posées mesurent bien ce qu'elles sont sensées mesurer) et minimiser l'erreur de mesure (écart entre ce que le chercheur demande et ce que le répondant comprend) (Groves et al., 2011). Les questions ont été formulées de sorte à être les plus claires et concises possible, afin de minimiser le phénomène

d'autosatisfaction (le niveau d'implication du répondant au questionnaire et la tendance de celui-ci à se tourner vers les choix de réponses nécessitant le moins d'effort).

Aussi, l'attention a été portée à la recherche d'une formulation déjà éprouvée dans la littérature.

Dans le cas où la question a été formulée par le chercheur, un soin à la méthodologie de rédaction a été porté.

Ainsi, les questions ont été rédigées en cherchant au maximum à :

- Ne mesurer qu'un seul concept à la fois
- Minimiser la subjectivité ou le jugement du chercheur dans la formulation d'une question.
- S'exprimer dans un langage compréhensible par tous. En cas d'utilisation de vocabulaire spécifique, celui-ci est expliqué.

Quant aux échelles de mesure, celles-ci ont été choisies en respectant un consensus de variabilité (l'échelle doit avoir une granularité suffisamment fine pour mesurer la variable avec précision) et de lisibilité (l'échelle ne doit pas comprendre trop de choix de réponse au risque de générer un sentiment d'inconfort chez le répondant).

4.5.1 Maturité numérique

La mesure de la maturité numérique de l'entreprise est réalisée dans la première partie du sondage, intitulée « Données / Processus / Stratégie ».

Pour la mesure de la maturité numérique, les 2 dimensions identifiées précédemment dans la revue de littérature, ont été retenues. A ces deux dimensions, une 3^{ème}, propre aux données, a été développée dans la partie relative à la maturité numérique, plutôt que dans la partie des freins à l'adoption de l'IA, afin d'équilibrer les parties.

Pour identifier les concepts propres à ces trois dimensions et formuler les questions qui les composent, l'étude s'est basée sur d'autres questionnaires de la maturité numérique suivants :

- (*Évaluation de La Maturité En Matière d'IA - Vitrine IA*, s. d.)
- (*Évaluation de la maturité numérique*, s. d.-a)
- (Rossmann, 2019)

Tableau 4.1 Concept et question : Maturité numérique

Concept mesuré	Numéro de question	Justification dans la littérature
Maturité des données		
Automatisation de la collecte des données	G01Q01	
Accessibilité des données / Numérisation	G01Q02	
Qualité des données	G01Q03	
Volume de données	G01Q04	
Gouvernance de ses données	G01Q05	
Maturité technologique		
Présence d'infrastructures numériques	G01Q06	
Pertinence des logiciels	G01Q07	
Digitalisation des processus	G01Q08	
Interopérabilité des systèmes	G01Q09	(Rossmann, 2019)

Tableau 4.2 Concept et question : Maturité numérique (suite et fin)

Maturité organisationnelle		
Leadership technologique	G01Q10	(Rossmann, 2019)
Acceptation face au changement	G01Q11	
Vision stratégique numérique	G01Q12	Définition de « vision stratégique » basée sur les définitions de (Num, s. d.) et (<i>What is Digital Strategy?</i> , 2020) (Rossmann, 2019)
Tolérance à l'échec en innovation	G01Q13	
Soutien à l'adoption en innovation	G01Q14	(Rossmann, 2019)

Le détail des questions de cette partie est consigné dans l'Annexe A.

4.5.2 Littératie en IA

Les études statistiques par sondage présentent différents biais qui justifient la présence d'une partie spécifique à la mesure de la littératie en IA du répondant.

En effet, il peut survenir un écart entre ce que le chercheur désire mesurer et ce que le répondant comprend de la question. Dans le cas de cette étude, cet écart peut notamment être dû à une perception différente de ce que représente la notion d'« IA » pour le chercheur et le répondant.

Ainsi, les questions de la partie sur la littératie en IA permettent d'une part de déterminer le niveau de connaissances du répondant sur le sujet de l'IA et de sa capacité à différencier les technologies d'IA d'autres technologies. De plus, cette partie, placée en 2^{ème} position dans le questionnaire, et précédant toutes les questions qui seront relatives à l'IA, permet de poser un socle commun de

compréhension entre les répondants (une définition est de l'IA est fournie au répondant durant cette partie).

Afin de mesurer le niveau de littératie en IA du répondant, d'autres études faisant appel à cette notion ont été prises en compte pour sa construction :

- Le questionnaire de MoovAi (Hétu, 2024) apporte une classification des dimensions de la littératie en IA.
- L'article (Wang et al., 2023) dans lequel un cadre théorique est fourni quant aux catégories à mesurer pour la littératie en IA.
- L'étude sur la littératie en IA auprès de la population québécoise : (*Apprendre ensemble pour une intelligence artificielle responsable*, 2024)
- Enfin, l'outil d'évaluation de l'IA pour les entrepreneurs suivant : (*Questionnaire sur l'IA pour les entrepreneur.es*, s. d.)

Par mesure d'efficacité (le temps de réponse au questionnaire devant être le plus court possible), et afin de ne pas bousculer le répondant, la mesure de la littératie en IA a été volontairement dégradée par rapport aux études présentées ci-dessus. En effet, un point important a été relevé par l'équipe de recherche : les répondants ne doivent pas se sentir testé par des questions concernant leur niveau de compréhension de l'IA. Toutes les dimensions n'ont donc pas été prises en compte pour cette étude.

Enfin, pour diminuer les biais de perception face au terme IA, la note suivante est donnée au répondant au début de cette partie du questionnaire :

Aux fins du sondage, le terme « IA » désigne l'intelligence artificielle.

Voici la **définition** que nous donnerons par la suite de l'**IA** :

L'intelligence artificielle est « un domaine technique et scientifique consacré aux systèmes techniques qui génèrent des sorties telles que du contenu, des prévisions, des recommandations ou des décisions pour un ensemble donné d'objectifs définis par l'homme » [ISO/IEC 22989:2022]

Tableau 4.3 Concept et question : rapport à l'IA

Concept mesuré	Numéro de question	Justification dans la littérature
Rapport à l'IA		
Identification des techniques propres à l'IA	G02Q3	
Identification des usages de l'IA	G02Q4	<i>(Apprendre ensemble pour une intelligence artificielle responsable, 2024)</i>
Source d'information en IA	G02Q6	
Perception de sa propre connaissance de l'IA	G02Q1	<i>(Apprendre ensemble pour une intelligence artificielle responsable, 2024)</i>

Le détail des questions de cette partie est consigné dans l'Annexe A.

Un score de littératie en IA du répondant sera établi sur la base de cette partie. Il permettra de d'étudier les réponses au questionnaire selon les différents niveaux de littératie en IA.

4.5.3 Projet en IA

Afin de mesurer l'Adoption de l'IA, cette partie se concentre sur les projets d'innovation en IA dans l'entreprise interrogée. Le terme « projet en IA » utilisé dans cette partie fait référence à :

"une démarche structurée visant à développer, adopter ou intégrer des technologies d'IA dans un processus, un produit ou un service afin d'en améliorer l'efficacité, de réduire les coûts ou de développer de nouvelles compétences."

Le détail des questions de cette partie est consigné dans l'Annexe A.

Tableau 4.4 Concept et question : Projet en IA

Concept mesuré	Numéro de question
Projet en IA	
Nombre de projets d'innovation en IA	G03Q01
Ancienneté du premier projet en IA	G03Q02
Volonté d'entreprendre des projets en IA dans le futur	G03Q03

En ce qui concerne les bénéfices attendus, l'instrument de mesure est basé sur les bénéfices extraits de la littérature et décrit plus haut dans la revue de littérature. Cette liste n'est pas exhaustive mais l'effort a été porté sur la représentativité des bénéfices potentiels associés à l'IA.

Tableau 4.5 Concept et question : Bénéfices recherchés en IA

Concept mesuré	Numéro de question
Bénéfices recherchés avec l'IA	
Bénéfices recherchés avec l'IA	G03Q06

Comme exprimé dans la revue de littérature, la nature et l'importance des freins à l'adoption de l'IA varient d'une étude à l'autre, et varient selon la nature de l'entreprise. Les études ont été

menées dans des écosystèmes qui possèdent leurs propres caractéristiques. De plus les évolutions rapides dans le domaine de l'IA poussent à réévaluer l'importance de ces freins.

Ainsi la difficulté est de ne sélectionner qu'une partie des freins identifiés dans la littérature pour une question de longueur du questionnaire.

Pour sélectionner les freins les plus pertinents pour cette étude, l'observation des freins les plus cités entre les études et leur importance relative au sein de chaque étude a été faite. Un intérêt a été porté à la couverture d'un maximum de dimensions relatives aux freins à l'adoption de l'IA.

Ainsi les freins retenus sont :

Tableau 4.6 Concept et question : Freins à l'adoption

Concept mesuré	Numéro de question
Freins à l'adoption de l'IA	
Coût d'acquisition	G03Q04.001
Facteur risque d'investissement	G03Q04.002
Coût de maintien	G03Q04.003
Instabilité de l'environnement réglementaire	G03Q04.004
Compréhension de l'IA par le groupe de direction	G03Q04.005
Compréhension de l'IA par les employés	G03Q04.006
Compréhension des bénéfices de l'IA par le groupe de direction	G03Q04.007
Compréhension des bénéfices de l'IA par les employés	G03Q04.008
Connaissances des possibilités d'usage	G03Q04.009
Niveau d'expertise	G03Q04.010

Tableau 4.7 Concept et question : Freins à l'adoption (suite et fin)

Soutien du développement de l'IA par le groupe de direction	G03Q04.011
Soutien du développement de l'IA par les employés	G03Q04.012
Soutien du développement de l'IA par les partenaires	G03Q04.013
Soutien du développement de l'IA par les clients	G03Q04.014
Identification des collaborateurs	G03Q04.015
Ressource informatique	Freins regroupés dans la partie MATURITE NUMERIQUE
Facteurs de données	Freins regroupés dans la partie MATURITE NUMERIQUE

4.5.4 Description du projet en IA

Comme développé dans la revue de littérature, l'adoption de l'IA au sein d'une entreprise est une notion complexe aux multiples dimensions. Le projet de recherche a donc fait le choix méthodologique suivant pour le sondage: étudier plus en détail un unique projet en IA dans l'entreprise, et observer les répercussions de ce projet sur l'adoption de l'IA. Ce projet en IA, choisi par le répondant, devra remplir si possible les critères suivants :

- Être un projet de plus grosse envergure possible
- Être un projet sur lequel le répondant a travaillé ou a été en contact avec les équipes en charge du projet
- Être un projet pour lequel l'entreprise a eu recours à un soutien externe.

Dans le questionnaire, les questions relatives à ce projet en IA feront apparaître celui-ci en surbrillance : **projet en IA**.

Afin de guider le répondant vers un projet qui remplisse le plus possible les critères définis par l'équipe de recherche, voici la note qui est fournie :

Tableau 4.8 Note pour le répondant

NOTE POUR LE REpondANT
Pour la suite des questions relatives au projet en IA, veuillez choisir un unique projet qui remplisse si possible les critères suivants : • Sur lequel vous avez travaillé ou été en relation • De plus grande envergure possible • Pour lequel vous avez eu recours à une aide externe pour sa réalisation Les questions suivantes feront référence à ce projet en IA. Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous. • J'ai lu cet énoncé

Tableau 4.9 Concept et question : Description du projet en IA

Concept mesuré	Numéro de question
Description du projet en IA	
Niveau d'implication	G04Q05
Description du projet	G04Q01
Avancement du projet	G04Q02

Tableau 4.10 Concept et question : Description du projet en IA (suite et fin)

Domaine du projet	G04Q03
Effectif du projet	G04Q04
Durée du projet	G04Q06
Technologie du projet	G04Q07

En ce qui concerne les performances du projet en IA, le choix a été fait de construire l'échelle de mesure. Les indicateurs de performance suivants ont été pris en compte :

- Niveau de performance techniques
- Respect des coûts
- Retour sur investissements
- Niveau d'intégration de la solution dans les processus
- Niveau de satisfaction

Tableau 4.11 Concept et question : Performance du projet en IA

Concept mesuré	Numéro de question
Description du projet en IA	
Performance du projet en IA	G04Q08

Tableau 4.12 Concept et question : volonté de mener de nouveaux projets en IA

Concept mesuré	Numéro de question
Description du projet en IA	
Volonté de mener de nouveaux projets par la suite	G04Q09

4.5.5 Prévvision du projet en IA

Certaines entreprises n'ont pas encore mené de projet en IA mais comptent en mener un dans un futur proche. Pour ces répondants, il était intéressant de pouvoir tout de même connaître les caractéristiques du projet futur (qui sont demandés dans la partie précédente « Description projet en IA »). Il fallait toutefois pouvoir modifier la formulation des questions de la partie précédente, pour que celles-ci correspondent bien au cas de figure d'un projet futur.

La partie « Prévvision du projet en IA » a donc été créée. Celle-ci n'est accessible qu'aux répondants ayant rempli les conditions suivantes : la réponse « 0 » à la question G03Q01, relative aux nombres de projets en IA mené, et toute autre réponse que « Jamais » pour la question G03Q03, relative au désir d'entreprendre un projet en IA.

Cette partie reprend une structure et des questions similaires à la partie précédente « Description projet en IA », mais en employant des tournures de phrase au futur.

Cette partie n'est pas détaillée ici, mais est présente dans l'Annexe A.

4.5.6 Aide à l'adoption

Cette partie du questionnaire est relative aux formes de soutien perçues par l'entreprise pour le projet en IA. Il est précisé au début de cette partie :

« Ici l'expression projet en IA fait référence au même projet que celui identifié précédemment. »

Tableau 4.13 Concept et question : Aide à l'adoption

Concept mesuré	Numéro de question
Aide à l'adoption	
Soutien financier	G05Q01
Appui	G05Q02
Nature de l'appui	G05Q03
Nature des appuis privés	G05Q04
Nature des appuis publics	G05Q05
Soutien reçu	G05Q06
Transfert de connaissance	G05Q07
Meilleur contributeur à la réussite du projet en IA	G05Q08

Cette partie du questionnaire est présente dans l'Annexe A.

4.5.7 Prévision aide à l'adoption

Cette partie est destinée aux répondants appartenant à l'un des deux cas de figure suivants :

- L'entreprise n'a pas encore mené de projet en IA mais compte en mener un dans un futur proche (condition : ((G03Q01.NAOK == "0") AND (G03Q03.NAOK != "O06"))).
- L'entreprise a déjà mené un projet en IA mais n'a pas fait appel à un appui externe sur ce projet (condition : ((G03Q01.NAOK != "0") AND (G05Q02.NAOK == "AO02"))).

Cette partie permet de mesurer les intentions de bénéficier d'un soutien pour un projet futur, et les perceptions quant aux structures d'appui à l'adoption.

Cette partie reprend une structure très similaire à celle de la partie « Aide à l'adoption » mais avec des tournures de phrase qui se prêtent au cas de figure.

Cette partie n'est pas détaillée ici, mais est présente dans l'Annexe A.

4.5.8 Données socio-économiques

Cette partie permet de tracer le profil de l'entreprise à partir de ses caractéristiques socio-économiques.

Tableau 4.14 Concept et question : Données socio-économiques

Concept mesuré	Numéro de question	Justification dans la littérature
Données socio-économiques		
Région	G06Q01	(<i>Régions administratives</i> , s. d.)
Nombre d'employés	G06Q02	(Cayrat & Charles, 2021)
Âge de l'entreprise	G06Q03	
Secteur d'activité	G06Q04	Pour le secteur d'activité, les modalités de réponse ont été construite sur la base du NAICS (North American Industry Classification System) que l'on retrouve fréquemment dans les études en industrie et économie. (Government of Canada, 2018)
Chiffre d'affaires	G06Q05	

Cette partie du questionnaire est présente dans l'Annexe A.

4.5.9 Données du répondant

Cette partie permet de tracer le profil du répondant à l'étude.

Tableau 4.15 Concept et question : Données du répondant

Concept mesuré	Numéro de question	Justification dans la littérature
Données du répondant		
Genre	G07Q01	
Âge	G07Q02	
Poste	G07Q03	
Temps passé dans l'entreprise	G07Q04	
Niveau de formation	G07Q05	(Cayrat & Charles, 2021)

Cette partie du questionnaire est présente dans l'Annexe A.

4.6 Prétest du questionnaire

Les prétests sont l'une des méthodes qui permettent de renforcer la validité et la fiabilité d'une étude statistique. Ces prétests ont pour but de soumettre artificiellement le questionnaire à des répondants dans des conditions de réponse similaires aux répondants réels, afin d'évaluer la pertinence de l'outil de mesure.

Un premier prétest a été mené auprès de professionnels de recherche, spécialisés dans les études statistiques et la conception de sondage. Ce prétest avait pour mission d'évaluer la méthodologie de l'outil de mesure, en observant la formulation des questions, la pertinence des échelles de mesure, la fluidité du déroulé du questionnaire, et la validité générale de l'étude aux vues des études statistiques envisagées. A l'issue de ce premier prétest, plusieurs modifications ont été réalisées sur le questionnaire.

Un second prétest a été mené auprès de répondants ayant des profils similaires à ceux qui seront contactés par la suite. Ce prétest a permis d'identifier des erreurs de formulation, des incompréhensions quant choix de réponses et des manquements dans la définition de certains termes. Les personnes contactées pour ce prétest ont été éliminées de la base de données de contact des futurs répondants, afin de ne pas biaiser les résultats.

4.7 Encodage du questionnaire en ligne

Une fois le questionnaire mis sur pied, il faut choisir le mode d'administration de celui-ci auprès de l'échantillon. Le choix a été fait, pour des raisons de praticité, de choisir l'administration en ligne. Voici le détail des paramètres de l'encodage du questionnaire sur LimeSurvey, logiciel d'enquête en ligne choisi pour cette étude.

Le questionnaire réalisé initialement en français a été traduit en anglais. Une option au début du questionnaire permet de choisir entre les deux langues.

La première partie du questionnaire à remplir est celle du certificat d'éthique, qui doit être accepté pour poursuivre le remplissage du questionnaire. Les parties sont affichées successivement, sans permettre de retour en arrière entre les parties. Une barre de progression indique au répondant le niveau de complétude qu'il a atteint. L'accès à certaines questions et parties du questionnaire est régi par des conditions qui ne sont pas visibles par le répondant. Afin de minimiser le phénomène d'autosatisfaction du répondant, les modalités de réponse sont affichées aléatoirement lorsque l'échelle s'y prête.

Le questionnaire sera diffusé en libre accès. Un questionnaire en libre accès est accessible à travers un unique lien. Toute personne ayant accès à ce lien peut remplir le questionnaire. Ce choix offre un remplissage fluide du questionnaire (pas de code d'identification à entrer), mais limite la capacité du chercheur à identifier le répondant ou à restreindre l'accès au questionnaire

(l'échantillon est alors non probabiliste). Le répondant peut remplir le questionnaire en plusieurs fois en quittant la page du questionnaire.

Le temps de remplissage des questions est sauvegardé afin d'étudier à terme le degré de d'autosatisfaction du répondant. Les réponses sont anonymisées (pas d'adresse IP ni URL retenue).

Enfin, après l'encodage du questionnaire sur le site LimeSurvey, un prétest a été réalisé par l'équipe de recherche pour identifier des erreurs lors de cet encodage. En effet, la plupart des questions et des parties du questionnaire sont régies par des conditions (critère d'exclusivité des modalités de réponses, condition d'affichage des questions, type de données acceptées), dont il fallait vérifier le fonctionnement avant de soumettre le questionnaire.

4.8 Administration du questionnaire

L'échantillon des entreprises québécoises à contacter a été identifié. L'étape suivante est l'identification des individus au sein de ces entreprises qui répondront au sondage, et le choix du mode d'administration du questionnaire.

Dans l'échantillon se trouvant sur internet figurent les noms des dirigeants.

Un premier axe était de contacter directement les personnes dont le nom figure dans l'échantillon, puisque leur poste semble proche de ceux identifiés dans la méthodologie. Une possibilité est de leur faire parvenir le sondage par message LinkedIn. Pour ce faire le profil LinkedIn de ces personnes a été obtenu en cherchant directement dans le moteur de recherche, et en vérifiant l'affiliation à l'entreprise.

La recherche du profil LinkedIn de 476 entreprises a eu lieu. 440 profils ont été trouvés. Un Excel a été enrichi avec ces profils, mais ne figurera pas en annexe de ce mémoire.

Plusieurs problèmes émergent avec cette méthode. Les personnes présentes dans l'échantillon travaillent-elles encore dans l'entreprise ? Un second problème est celui de la limite du nombre de messages qu'il est possible d'envoyer sur LinkedIn à des personnes ne figurant pas dans son réseau de contact. Ce problème peut être résolu par l'achat de crédits de contact, ou si la personne contactée répond effectivement au message (le crédit pour envoyer le message est remboursé).

Une deuxième option était d'identifier directement sur LinkedIn, en cherchant dans les filtres par nom d'entreprise, des personnes dans ces entreprises faisant partie du réseau du CIRANO. Il serait alors possible, sans crédit, de leur faire parvenir le sondage par message, en demandant de le transmettre à une personne avec un poste proche de ceux identifiés dans la liste.

Un premier problème avec cette méthode est que la personne contactée pourrait transmettre le sondage à un individu avec un poste trop éloigné de ceux souhaités. Ce problème était déjà présent du fait de ne pouvoir contrôler l'identité du répondant.

Enfin, des outils tels que Snov ou Hunter existent pour obtenir des adresses mails vérifiées et automatiser l'envoi de mails. Ce peut être le mail de l'entreprise, ou de personnes identifiées comme potentiels répondants.

Le message de contact pouvant être utilisé pour chaque méthode figure dans l'Annexe C.

4.9 Test du sondage

Afin de tester la réaction d'un répondant au questionnaire ainsi que le fonctionnement du code de traitement statistique du sondage (fourni en Annexe F), le questionnaire a été soumis à une fraction de l'échantillon d'entreprises identifié dans la méthodologie. Les réponses ont été exportées en fichier CSV selon les détails de l'Annexe D. Elles ont permis de tester une partie du code R

(consigné dans l'Annexe F), qui permet d'analyser les données selon le plan de traitement de l'Annexe E.

Voici les résultats tests obtenus:

72 PME ont été contactées, 30 grandes entreprises. 9 réponses au questionnaire ont été reçues dont 5 complètes, 3 de PME et 2 de grandes entreprises.

Le taux de réponse (nombre de réponses / nombre d'entreprises contactées) sur ce test est relativement bas : 5 %. Ce taux de réponse peut être expliqué par plusieurs facteurs :

- Le taux de réponse théorique des études par sondage en ligne est en général assez bas, de l'ordre de 10%
- Plusieurs répondants ont répondu au mail de contact qu'ils n'avaient pas le droit de communiquer des informations sur ce sujet, certains par crainte d'une possible identification (de l'entreprise ou du répondant lui-même).

Le taux de complétude (nombre de réponses complètes / nombre de réponses) est de 55,56%. Ce taux peut être expliqué par divers facteurs, dont en ce qui concerne l'étude et sa méthode un sentiment d'inconfort lors de la complétude du questionnaire (longueur, mauvaise formulation ou modalités de questions, questions trop personnelles).

Le code a été testé sur ces réponses. Les résultats présentés ci-dessous ne le sont qu'à titre indicatif de ce qui peut être obtenu, et ne constituent en rien des résultats statistiques pouvant être généralisés.

Les 5 répondants étaient des hommes. 4 d'entre eux occupent la fonction de PDG, 1 de CTO.

2 entreprises étaient issues du secteur de la fabrication, 2 des Services professionnels, scientifiques et techniques et 1 en Finance et assurances.

Les 5 répondants ont déclaré que leur entreprise avait déjà mené un projet en IA. En étudiant la répartition du nombre de projets en IA, le maximum observé était de 75, un chiffre qui semble bien trop important comparativement aux chiffres observés en général dans la littérature. Soit le répondant n'a pas identifié les projets en IA comme l'équipe de recherche l'entend, soit l'entreprise a une activité spécialisée dans ce domaine.

Les traitements des bénéfices et les freins à l'adoption de l'IA permettent de faire ressortir la moyenne de chaque item par répondant, et la moyenne sur l'échantillon. Ainsi, les principaux bénéfices à l'adoption de l'IA identifiés par les répondants sont :

- L'amélioration de l'efficacité opérationnelle
- L'automatisation de certaines tâches
- L'accroissement de la compétitivité

Les principaux freins à l'adoption de l'IA identifiés par les répondants sont :

- Le manque de clarté dans les lois
- L'incertitude quant aux retours sur investissements
- Le manque de connaissances quant aux utilisations possibles

Voici les statistiques du score de littératie en IA qui peuvent être obtenues :

```
> dflittIA<-data.frame(data$Score_LittIA,data$LittIA_1_score,data$LittIA_2_score,data$LittIA_3_score)
> summary(dflittIA)
```

data.Score_LittIA	data.LittIA_1_score	data.LittIA_2_score	data.LittIA_3_score
Min. :13.0	Min. :3.0	Min. :5.0	Min. :4.0
1st Qu.:13.0	1st Qu.:3.0	1st Qu.:6.0	1st Qu.:4.0
Median :14.0	Median :4.0	Median :6.0	Median :5.0
Mean :15.2	Mean :3.8	Mean :5.8	Mean :5.6
3rd Qu.:17.0	3rd Qu.:4.0	3rd Qu.:6.0	3rd Qu.:7.0
Max. :19.0	Max. :5.0	Max. :6.0	Max. :8.0

Figure 4.2 Statistiques test sur le score de littératie en IA

Ainsi que les statistiques du score de maturité numérique des entreprises test:

```
> dfMN<-data.frame(data$Score_MN,data$dim1_MN,data$dim2_MN,data$dim3_MN)
> summary(dfMN)
```

data.Score_MN	data.dim1_MN	data.dim2_MN	data.dim3_MN
Min. : 7.15	Min. :2.60	Min. :2.25	Min. :1.4
1st Qu.: 8.05	1st Qu.:3.00	1st Qu.:2.75	1st Qu.:3.2
Median :10.20	Median :3.80	Median :3.00	Median :3.4
Mean : 9.79	Mean :3.44	Mean :3.15	Mean :3.2
3rd Qu.:11.55	3rd Qu.:3.80	3rd Qu.:3.75	3rd Qu.:4.0
Max. :12.00	Max. :4.00	Max. :4.00	Max. :4.0

Figure 4.3 Statistiques test sur le score de maturité numérique

CHAPITRE 5 RÉSULTATS ET ANALYSE DES ENTREVUES

Cette partie est consacrée à la présentation des résultats des entrevues semi-dirigées.

Les participants aux entrevues ont été contactés par courriel, au moyen du message de contact figurant dans l'annexe B. Au total, 15 personnes ont participé aux entrevues, appartenant à 9 structures d'accompagnement différentes.

Le nombre de 15 entrevues est justifié par le principe de saturation des données. A partir d'un certain point les commentaires se montrent redondants, et la part d'informations nouvelles diminue. Cette redondance s'explique par l'absence de nouveaux concepts n'ayant pas été mentionnés dans les entrevues précédentes, et la similarité dans les réponses apportées. Ce point atteint permet de garantir la fiabilité et validité de l'enquête qualitative.

Ces entrevues ont été transcrites et analysées sur MaxQDA, un logiciel d'analyse qualitatif de données. Les entrevues étaient d'une durée de 30 minutes à 1 heure chacune. Un enregistrement des conversations pour la retranscription a été possible pour les 15 entrevues.

Afin d'analyser les transcriptions de ces entrevues, un système de codes a été mis en place sur MaxQDA. Les codes sont représentatifs des concepts et/ou variables du modèle conceptuel de l'étude, et permettent d'étiqueter certains passages des transcriptions. Cette méthode permet d'une de résumer et de catégoriser l'information. Cette méthode permet aussi d'observer la quantité d'information recueillit pour un élément de l'étude, et de vérifier ainsi que toutes les propositions ont été traités.

Le système de codage apporte aussi des analyses plus poussées, comme l'observation des intersections ou proximités entre sections codés, ou de faire ressortir des fréquences d'apparition de codes entre documents.

Voici le système de code utilisé, ainsi que la description de la nature du propos attendu pour chaque code, la proposition à laquelle se rattache le code et le nombre d'occurrence de ces codes pour les 15 entrevues.

Tableau 5.1 Système d'encodage utilisé sur les transcriptions

Liste de codes	Objet de l'encodage	Proposition de recherche associée	Fréquence
			456
Limites à l'accompagnement	Chaque fois que le répondant émet des réserves quant à la portée de l'accompagnement ou la capacité de l'écosystème à soutenir une adoption généralisée.	H4	35
Soutien Financier	Chaque fois que le répondant mentionne des subventions ou financements externes pour un projet en IA.	H2, H4	7
Succès ProjetIA	Chaque fois que le répondant évoque d'un cas de réussites sur un projet en IA ou de ses critères de performance pour qualifier un projet de réussite.	H3	28
Nature projet IA	Quel est la technologie en jeu, le domaine d'application pour un projet en IA.		9
Ouverture	Chaque fois que le répondant formule une remarque pertinente non reliée aux variables et propositions du modèle conceptuel, mais pouvant compléter l'étude.		28
Poursuivre l'adoption	Chaque fois que le répondant mentionne un cas d'une entreprise ayant poursuivi un projet en IA préalablement débuté avec l'accompagnateur.	H5	11
Transfert de compétences	Chaque fois que le répondant parle du transfert de compétences ou de connaissances par diverses formes (formation, recrutement, etc).	H4	25
Littératie en IA	Passages relatifs à la littératie en IA : sa description, son importance dans l'adoption de l'IA, sa répartition selon les profils d'entreprises.	H1, H3, H4	36
Freins IA	Passages relatifs aux freins à l'adoption de l'IA mentionnés par le répondant.	H1, H3, H4	50
Bénéfices IA	Passages relatifs aux bénéfices recherchés par les entreprises qui cherchent à adopter de l'IA.		7
Profil des adoptants	Passages relatifs aux points communs entre les adoptants d'IA, que ce soient des entreprises accompagnées ou les entreprises de manière générale.	H1, H3	21
Maturité numérique	Chaque fois que le répondant fait état de l'une des trois dimensions de la maturité numérique : intensité technologique, culture numérique ou données.	H1, H3, H4	26

Tableau 5.2 Système d'encodage utilisé sur les transcriptions (suite et fin)

Adoption IA	Passages relatifs à la description du phénomène d'adoption de l'IA.	H5	15
Profil entreprises accompagnées	Passages relatifs aux profils socio-économiques et numériques des entreprises qui ont collaboré avec les structures d'accompagnement.	H2	18
Formes de soutien	Quels sont les types de soutien fournis par les structures d'accompagnement.	H2, H4	88
Nature structure accompagnement	Quelle est la nature de la structure d'accompagnement (privée, public, etc), combien d'entreprises elle a accompagnées	H2	28
Poste répondant	Quel est le poste du répondant, sa relation aux projets en IA, depuis combien de temps travaille-il dans la structure d'accompagnement.		24

Voici les postes et/ou activités des participants aux entrevues :

Tableau 5.3 Postes des participants aux entrevues

Entrevue	Poste et activités du répondant
1	Scientifique de données
2	Scientifique de données
3	Chef de pratique en science des données Rôle de supervision des projets de développement expérimental avec des PME
4	Scientifique de données
5	Chef de pratique vision par ordinateur
6	Conseiller scientifique en adoption de l'IA
7	Architecte en IA
8	Associé CTO d'une compagnie de consultation en IA
9	Scientifique de données, vision par ordinateur

Tableau 5.4 Postes des participants aux entrevues (suite et fin)

10	Directeur produit dans une OBNL en IA
11	Chercheur en intelligence artificielle, ex directrice recherche et innovation dans un CCTT
12	Directeur stratégique et performance dans une entreprise d'optimisation de processus et de conseil stratégique en IA.
13	Président d'une entreprise de services conseils en intelligence artificielle
14	Associé en intelligence artificielle et données
15	Conseiller en transfert technologique, gestion de l'innovation

Les 9 structures d'accompagnement ont les profils suivants :

Tableau 5.5 Profil des structures d'accompagnement rencontrées

Structure	Description du profil de la structure d'accompagnement
1	OBNL, centre de recherche public (5 répondants)
2	Entreprise de développement applicatif de logiciel en IA (1 répondant)
3	Entreprise de conseil et d'audit (1 répondant)
4	Institut de recherche universitaire (2 répondants)
5	Consortium de recherche (2 répondants)
6	OBNL, fournisseur de solutions en IA (1 répondant)
7	Firme de services-conseils spécialisée en développement et intégration de solutions logicielles et d'intelligence artificielle (IA) (1 répondant)
8	Compagnie de consultation en IA (1 répondant)
9	Entreprise de développement et d'intégration de solutions d'IA pour les entreprises (1 répondant)

Un effort a été porté dans cet échantillon à la représentativité des différentes catégories de structures d'accompagnement de l'écosystème. Ces structures d'accompagnement ont été catégorisées selon les descriptions faites sur internet ou dans les entrevues, selon les catégories suivantes de l'écosystème québécois en IA :

Tableau 5.6 Attribution des structures d'accompagnement aux différentes catégories

Structure	Les laboratoires universitaires de recherche fondamentale et instituts de recherche	Les organismes voués aux conseils et aux collaborations industrielles	Les entreprises de service-conseil en intégration de l'IA	Incubateurs et accélérateurs
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				

Les différentes structures sont parmi les plus reconnues de l'écosystème. Leur expérience en matière d'accompagnement d'entreprises en IA se matérialise par le nombre important d'entreprises accompagnées.

La présentation des résultats qui suit reprend les codes détaillés plus haut, et illustre les réflexions sur chaque point par des citations extraites des transcriptions des différentes entrevues.

5.1 Description de l'adoption de l'IA et de ses dimensions

Le phénomène d'adoption de l'IA est complexe, et comporte plusieurs dimensions. Les différentes entrevues confortent les choix méthodologiques faits pour la description du phénomène.

Tout d'abord, l'adoption de l'IA passe par un premier projet test. Ce projet représente pour l'entreprise généralement beaucoup d'attentes :

« Souvent, c'est qu'on est comme dans une montée d'ambition. Puisque c'est le premier projet, souvent, on va vouloir valoriser l'opportunité avec le plus grand ROI » (Entrevue 3)

« Ils veulent trouver un point d'appui pour commencer sur un quick-win, quelque chose qui va être une réalisation. » (Entrevue 1)

Ce premier projet, est souvent fondé sur des objectifs ambitieux. C'est pourtant ce premier projet qui présente le plus de risque d'échouer et de créer des frustrations :

« Donc souvent on commence les projets avec les clients et on se rend compte que le client avait quand même des attentes un peu plus élevées. » (Entrevue 6)

« Mais ils se rendent compte en parlant avec nous. (..) Qu'ils n'ont pas de point d'appui assez fort en fait ». (Entrevue 1)

« le premier projet, je pense qu'il est plus cher parce que tu fais des erreurs internes. » (Entrevue 3)

Ensuite, le déroulé d'un projet est détaillé dans plusieurs entrevues au moyen de l'échelle de TRL, « Technological Readiness Level ». Cette échelle présente des similitudes avec celle détaillée dans la revue de littérature, mais présente plus de détails. Certains répondants ont mentionné l'aspect non linéaire du déroulé des projets en IA.

« Il y a TRL 3-4-5-6-7-8.... Là ça a l'air linéaire, c'est conçu de même, mais dans la vraie vie ce n'est pas linéaire, là tu peux faire des sauts par en avant, par en arrière. » (Entrevue 5)

Chaque entreprise gère le déroulé des projets en innovation en IA à sa manière, mais il ressort un changement de paradigme chez beaucoup de projets d'innovation dans le numérique et l'IA :

« Une approche vraiment modulaire incrémentale sur le développement d'une solution applicative plus complexe. [...] Les nouvelles approches de développement de logiciels sont très modulaires, ce qui fait qu'on crée un premier module qui est comme le cœur avec souvent l'accès aux données, puis les premières fonctionnalités. Puis on développe un nouveau module qui vient ... rattacher la gestion des RH à la gestion de la production. Puis on fait des liens entre les 2. » (Entrevue 7)

Enfin, certains participants avancent que l'adoption de l'IA ne se résume pas uniquement à une somme de projets en IA, isolés les uns des autres. Les entreprises qui conçoivent l'adoption de cette manière doivent changer leur vision pour entamer un processus d'innovation continue, incrémental, jusqu'à un point culminant où l'IA opère une transformation profonde de l'entreprise.

« L'adoption est souvent vue comme une adoption technique alors qu'en fait c'est une adoption adaptative » (Entrevue 1)

« Jusqu'à un niveau de transformation où l'IA, l'analytique avancée fait partie de l'ADN. Cela veut dire que l'entreprise gagne des parts de marché, produit des produits et services directement en lien avec cette technologie » (Entrevue 1).

Certes l'adoption de l'IA ne se résume pas aux projets en innovation, mais ceux-ci sont constitutifs du processus. Il est donc pertinent de chercher à étudier l'impact d'une structure d'accompagnement sur un premier projet en IA, puisque c'est le point d'entrée des entreprises vers une adoption approfondie.

5.2 Facteurs limitants à l'adoption de l'IA

L'étude avait regroupé dans l'appellation profil numérique de l'entreprise les variables suivantes:

- La maturité numérique de l'entreprise
- La littératie en IA
- D'autres freins à l'adoption

Les entrevues ont permis de faire ressortir les principaux facteurs limitants à l'adoption de l'IA.

Les facteurs « coûts de l'IA » et « littératie en IA » sont les deux facteurs les plus cités. Le faible niveau de littératie en IA, notamment par la direction, apparaît dans de nombreuses entrevues comme un frein répandu dans la grande majorité des entreprises accompagnées:

« Et qu'est-ce qu'on remarque dans les entreprises? C'est souvent la même chose et c'est [...] une vision, peut-être pas fausse, mais peut-être utopique, voire magique de l'IA. » (Entrevue 4)

« Manque aussi peut être de conscience des requis pour développer l'IA. » (Entrevue 4)

« Généralement ils ne connaissent rien à l'IA » (Entrevue 6)

« L'adoption peut être liée aussi à la littératie. Pour la littératie, s'il y a une différence trop marquée entre direction/employée ou entre employés, il y a des énormes problèmes. Il n'y a pas d'adoption, il n'y a pas assez de support de la direction ou à l'interne, on ne trouve pas de champions, on ne trouve pas de momentum parce qu'il n'y a pas d'harmonie suffisante. » (Entrevue 15)

Il est possible de visualiser l'importance de la littératie en IA comme frein à l'adoption grâce au graphique de fréquence d'intersection des segments codés « Freins IA » et « Littératie en IA » situé en Annexe G. Ce graphique témoigne d'un « point chaud » d'intersection entre les deux codes, ce qui suggère une corrélation fréquente entre ces deux variables.

L'autre frein plusieurs fois mentionné est l'aspect financier de l'IA. D'une part l'IA coûte cher, d'autre part la faible connaissance des requis de l'IA par les entreprises accroît l'écart entre coût estimé et coût réel.

« Évidemment le frein le plus important c'est le financement. » (Entrevue 5)

« L'IA coûte cher, les ressources en IA coûtent cher, les employés coûtent cher, et donc les entreprises vont avoir tendance à peut-être au début ne pas trop investir. » (Entrevue 4)

« Il y a une perception assez généralisée, qui a été vraiment accentuée par le lancement de Chat GPT, que l'IA n'est pas si chère, que l'on peut développer rapidement une application incluant un modèle entraîné sur nos propres données, puis que c'est simple. Donc cette perception-là est un frein à l'adoption. » (Entrevue 7)

« Maintenant le problème qu'on rencontre souvent c'est que parfois le client croit que l'intelligence artificielle peut tout faire pour lui et il n'a pas une vision au niveau du budget qu'il doit préparer pour le développement de la solution. » (Entrevue 6)

D'autres freins sont mentionnés, tels que :

- Une perception erronée du processus d'innovation en IA.

« Donc c'est le plus gros frein, c'est que les entreprises arrivent avec une idée que ça va être une adoption technique » (Entrevue 1)

« Je veux un des succès, un succès pour moi, avec un premier projet qui pivote plutôt qu'avorte, ce serait de réaliser qu'on doit faire un passage par TRL 3 avant 4, avant TRL 5, avant TRL 6. Et je ne le vois jamais, jamais en entreprise. » (Entrevue 3)

« Mais entre la preuve de concept puis le produit sur tablette, il y a tellement d'étapes. » (Entrevue 5)

« La perception sur le degré de complexité. J'ai des clients qui vont penser que l'intelligence artificielle c'est très complexe, ça coûte super cher. [...] Je vais avoir d'autres clients qui sont un peu similaires. Ils sont dans un autre mindset, ils pensent que ça ne coûte vraiment pas cher. [...] Puis tout est magique, tout est beau, mais ils ne comprennent pas les concepts de développement logiciel. » (Entrevue 13)

« Du test à la production : le concept là c'est une autre forme d'éducation. Ces gens-là ils ne comprennent pas la marche à faire entre un test et rentrer dans l'organisation d'une manière productive. » (Entrevue 13)

- Un manque de lucidité quant à leur niveau de maturité numérique initiale :

« Ils sont à 0 en IA. Et aussi la couche dessous, des technologies, c'est 0 numérique. [...] Soit carrément ils n'ont pas d'infrastructure de données. » (Entrevue 12)

« Frein au niveau des données parce que pour développer une solution, on a besoin des données pour entraîner le modèle » (Entrevue 6)

« Les entreprises devraient toutes avoir un diagnostic numérique de leur entreprise, pour être au courant de ce qui manque » (Entrevue 15)

La matrice de fréquence d'intersection des segments codés, en annexe G, fait apparaître un point chaud entre les codes « Maturité numérique » et « Profil des adoptants ». Sans expliquer le sens du lien entre ces deux variables, le graphique permet d'observer une co-occurrence de celles-ci.

- Un manque de connaissance des usages et des possibilités :

« Il y a les connaissances. Il y a beaucoup d'entreprises qui ne savent pas que certaines technologies existent et qu'ils peuvent les utiliser. » (Entrevue 13)

« Tant que tu n'es pas conscient, parce que tu n'as pas la littératie, qu'il y a des douleurs qui pourraient être atténuées ou des ambitions qui pourraient être satisfaites, tu n'auras pas la motivation d'avancer. » (Entrevue 15)

- La gestion de changement :

« Parce que du moment qu'on s'insère dans le processus du client et qu'on change ce processus là, ça va créer une friction. » (Entrevue 12)

« Le problème le plus fréquent, c'est la gestion de changement. » (Entrevue 13)

« Le plus gros frein, il est humain » (Entrevue 14)

5.3 Lien entre le profil socio-économique des entreprises et les facteurs limitants

La première proposition statistique par l'étude résidait dans l'étude de la corrélation entre des facteurs dits socio-économiques de l'entreprise et les facteurs limitants à l'adoption de l'IA. Les entrevues apportent des résultats préliminaires sur ces notions.

Taille :

D'abord, les participants aux entrevues évoquent en général des difficultés plus grandes chez les PME, notamment en ce qui concerne l'aspect financier. Avec des moyens inférieurs aux grandes entreprises, les PME ont plus de mal à embaucher et à mobiliser leur personnel sur des projets en IA :

« Les petites entreprises ont rarement les moyens, en fait, d'embaucher 2, 3 personnes parce que malheureusement, un projet JA, ça nécessite plusieurs expertises » (Entrevue 4)

« Surtout une PME. Bien tu sais, ils ont beaucoup de chaudrons sur le feu. Puis à un moment donné, s'il y a un chaudron qui demande plus d'intérêt ou plus d'attention qu'un autre, Ben les autres sont mis sur le côté » (Entrevue 5)

« Alors c'est moins visible sur les grosses entreprises, mais sur les PME, les entrepreneurs sont peu conscients du prix. » (Entrevue 4)

Le chiffre d'affaires de l'entreprise rentre en ligne de compte dans l'envergure des projets en IA pouvant être menés :

« Je vous dirais que des entreprises qui ont à peu près un chiffre d'affaires de 30 000 000, c'est presque un minimum pour se lancer dans des projets d'envergure. » (Entrevue 7)

Il semble que l'adoption de l'IA soit moindre chez les PME :

« On a rencontré peu de petites entreprises qui sont vraiment très avancées. » (Entrevue 2)

Les grandes entreprises n'ont pas nécessairement une meilleure maturité numérique, mais ont une bonne compréhension de la transformation par l'innovation :

« Ce sont les grandes entreprises. Souvent, sans savoir une maturité incroyable, qui ont une compréhension de l'importance de la transformation numérique sur leur objectif d'affaires, que ce soit la croissance, l'amélioration de la productivité. » (Entrevue 7)

Le manque de compréhension de l'IA est un problème qui touche les entreprises de toutes tailles :

« Ben en fait, peu importe la taille de l'entreprise. La mauvaise conception de l'IA fait que le client finalement ne va pas comprendre ce qu'on lui dit, va être déçu, ou va avoir une vision qui est très éloignée de la réalité, et va avoir du mal à se remettre dans la bonne track. » (Entrevue 4).

La taille de l'entreprise semble agir sur la notion de résistance au changement :

« Quand je suis dans la grande entreprise, convaincre mon interlocuteur est différent parce que je peux être avec quelqu'un aux opérations qui veut améliorer ses opérations, mais la personne qui paye dans un autre département. » (Entrevue 13)

« Parfois, il y a moins de maturité technologique dans les PME, une capacité de prise de décision qui est supérieure. » (Entrevue 13)

Secteur :

Ensuite, les entrevues semblent corroborer les résultats de la revue de littérature quant aux différences entre les secteurs, et notamment une adoption de l'IA plus importante dans les secteurs ayant une forte proximité aux technologies :

« Mais il y a des domaines effectivement où c'est vraiment assez balbutiant » (Entrevue 2)

« Il y a une émergence dans le secteur public, un intérêt, mais beaucoup de retard. » (Entrevue 7)

« Le manufacturier est très présent. » (Entrevue 7)

« Après y a y a le secteur technologique avec qui on fait affaire, qui est un peut-être un cas particulier, qui est beaucoup plus en avance sur ces connaissances-là. » (Entrevue 2)

Le secteur agit sur le niveau de maturité numérique et de maturité en IA des entreprises, un phénomène qui s'observe notamment chez les PME :

« Les petites entreprises qui s'intéressent à l'IA ont généralement un niveau de maturité plus élevé, ou sont déjà dans un secteur hautement numérisé ou technologique. » (Entrevue 7)

Enfin, les différences dans le niveau de compréhension transparaissent aussi entre les technologies d'IA (par exemple pour les techniques utilisant des méthodes de vision par ordinateur, d'analyse d'images ou de science des données) :

« À l'époque, c'était plus système expert, l'intelligence artificielle, alors que maintenant c'est le côté entraînement, le côté apprentissage, là qui rassemble. Et dans mon domaine, on fait de l'apprentissage depuis 25 ans donc ce n'est rien de nouveau. » (Entrevue 5)

« Purement application industrielle effectivement moi j'ai une sensation où les méthodes qui marchent sont les méthodes qui sont anciennes par rapport à la nouveauté que pourrait apporter GPT et les modèles de langue. Donc il y a vraiment des différences entre les différents types de données. On a des maturités qui sont plus ou moins différentes. » (Entrevue 9)

Le niveau de maturité sur ces technologies n'est pas le même, et donc les besoins en accompagnement diffèrent:

« On a un peu moins ce besoin-là de s'asseoir avec eux, puis de définir, ou de les aider à valoriser ça. Tu sais-je pense qu'ils comprennent mieux la valeur de la donnée » (Entrevue 5)

5.4 Mesure de la réussite des projets en IA

Un des objectifs de ce mémoire de recherche était de pouvoir étudier l'influence des structures d'accompagnement sur la réussite d'un projet en IA, et l'impact de cette réussite sur la propension des entreprises à poursuivre leur adoption de l'IA.

Pour ce faire, il fallait pouvoir caractériser les éléments contribuant aux « succès ». Les différentes entrevues ont confirmé que des indicateurs de performance budgétaire n'étaient pas les uniques indicateurs devant être pris en compte. D'autres indicateurs doivent jalonner tout le processus du projet, surtout quand celui-ci s'inscrit dans une durée en mois voire en années :

« Un succès pour moi, avec un premier projet qui pivote plutôt qu'avorte, ce serait de réaliser qu'on doit faire un passage par TRL 3 avant 4, avant TRL 5, avant TRL 6. Et je ne le vois jamais, jamais en entreprise. Les gens me parlent d'un besoin d'affaires, donc la valeur elle est que quand

ça va marcher, voici ce qu'on va gagner. Mais moi, le succès dans un projet IA il est d'habitude à TRL 3/4. » (Entrevue 3)

« Le facteur de réussite, il n'est pas financier. On leur souhaite aux clients plus tard d'avoir un retour financier. [...] Ils l'ont adopté, ils ont créé une équipe, ils ont monté en compétence. » (Entrevue 4)

« La formation à travers le processus d'acquisition de nouvelles connaissances, oui, mais aussi augmenter en maturité technologique. C'est à dire que par exemple, ils ont travaillé sur leurs données, ils ont fait un plan pour travailler sur leurs données. Même chose au niveau de l'architecture. Même chose au niveau de l'ingénierie. Même chose au niveau de la façon de penser aussi, tout comme les systèmes d'information. » (Entrevue 14)

L'évaluation du retour sur investissement doit se faire en fonction des objectifs de l'entreprise :

« Les retours sur investissement il y a peut-être 5-6 catégories : coupure du temps, coupure des dépenses, augmentation, développement de nouveaux revenus, nouveaux marchés. » (Entrevue 7)

L'entrevue 10 et 13 précisent que pour ces structures, un objectif de projet est avant tout d'obtenir un produit en production pour l'entreprise, qu'elle puisse utiliser comme un premier outil:

« Parce que tu sais, encore une fois, l'objectif c'est de mettre quelque chose en production, qui va être utilisé par le client, qui va avoir une valeur pour le client. » (Entrevue 10)

« Nous, un projet qui a du succès, c'est un projet qui est utilisé quand on quitte, puis qui continue à être utilisé pour les prochains mois années. » (Entrevue 13)

On constate alors une distinction dans les objectifs et entre ce qui est perçu comme un succès par les entreprises, versus par les accompagnateurs. Cette distinction est due notamment au manque de connaissance des entreprises quant à la réalité de l'adoption de l'IA, et à ses difficultés.

5.5 Facteurs de réussite des projets en IA

Les entrevues ont permis d'identifier certaines bonnes pratiques observées par les structures d'accompagnement lors de projets en IA, pouvant favoriser la réussite de projets.

D'abord, les entrevues ont rappelé que l'humain est au cœur du processus d'adoption. La réussite de celui-ci repose en grande partie sur cet aspect. Le leadership, de la direction ou des chefs des équipes en charge du projet, est un point extrêmement important:

« On a fait le projet, donc là les dirigeants étaient très impliqués, ils ont fait beaucoup de tests, ils ont inclus beaucoup leur personnel, donc ça c'était très intéressant. » (Entrevue 4)

« Là l'engagement de la haute direction pour moi est fondamental. Sans ça, ça n'amènera pas à grand-chose à part des petits projets de prototype ou autre [...]. Il faut un engagement vraiment à haut niveau. » (Entrevue 2)

« L'engagement à la fois au niveau du CEO et CTO, et cetera. Et puis qui soient capables aussi de le faire redescendre jusqu'en bas. » (Entrevue 2)

L'intégration des employés dans le projet en IA est majeure pour l'adoption :

« Et donc l'adoption du projet était forte dans cette entreprise parce qu'elle était destinée aux employés à aider les employés. Donc si les employés n'étaient pas convaincus ou étaient réticents, mais on était face à une situation où le projet n'aurait juste pas abouti. » (Entrevue 4)

« Notre objectif c'est [...] l'alignement organisationnel : de la haute direction jusque à l'employé-utilisateur. » (Entrevue 7)

Ensuite, l'entrevue 5 témoigne de l'importance de la compétence en interne dans l'adoption de solution d'IA. Si la compétence est déjà présente, une solution livrée par un tiers peut facilement être prise en main :

« J'ai 2 cas récents en tête. Le premier, la compétence interne était très bonne à ce moment-là, donc ils ont juste pris ce qu'on a livré, puis ils ont pu valoriser. » (Entrevue 5)

L'entrevue 7 évoque plus généralement un « alignement stratégique » au sein de l'entreprise, c'est-à-dire une forme de cohérence entre le besoin, les ressources et la stratégie à appliquer:

« L'alignement stratégique, c'est vraiment ce qui fait que ça fonctionne. [...] Donc ils ont soit l'infrastructure requise, ou son prêt à investir pour la mettre en place le temps qu'on développe le projet. Ils ont un alignement stratégique fort, c'est dans les priorités de l'organisation. Puis ils ont le retour sur investissement requis. C'est là qu'on on avance. Tant qu'il n'y a pas ces 3 critères là, c'est rare que ça se concrétise. » (Entrevue 7)

L'entrevue 14 souligne la difficulté qui subsiste de passer d'un projet en développement à un projet en production, et précise le besoin de démontrer les performances sur des projets dont les retombées économiques ne sont pas immédiates :

« Tu peux voir des retombées à très court terme, mais économiquement parlant, ça va prendre un peu plus de temps. Ça va prendre quelques mois, ça peut prendre plusieurs mois, quelques années dépendamment du type de projet [...] Et est-ce que ce temps-là a été utilisé pour démontrer le retour sur investissement ? [...] Est-ce qu'on a eu assez de temps pour comprendre les retombées? » (Entrevue 14)

5.6 Une pluralité d'accompagnement pour chaque cas

Il existe une grande pluralité d'acteurs dans l'écosystème IA du Québec. Chacune de ces structures présente une démarche d'accompagnement qui lui est propre, et qui couvre différentes étapes du processus d'adoption. Les accompagnements identifiés concernent :

- La phase préliminaire : construction des cas d'usage, établissement d'une stratégie d'adoption de l'IA avec l'entreprise, formation à l'IA :

« Je gère 2 catégories de projets : on a les projets d'accompagnement de clients pour définir des cas d'usage de l'utilisation de l'IA, et on a des mandats pour monter en compétence du client. »

(Entrevue 6)

« On définit avec le client plusieurs cas d'usage, disant par exemple 3 cas d'usage. On en priorise un seul, on fait l'évaluation des données. [...] On a juste une idée sur ce que la solution va faire, à quoi ça va ressembler. On va développer une feuille de route : quelles les étapes qu'ils doivent suivre en détail (au niveau du traitement des données, au niveau du choix des solutions, de la planification, et cetera) » (Entrevue 6)

« Un programme technique, un programme stratégique. Donc à la fin de ces programmes, le client peut être capable de définir des cas d'usage lui-même et de faire la planification du projet. »

(Entrevue 6)

« Un module de formation qui vise à accompagner les chefs d'entreprises ou les hauts dirigeants d'une entreprise dans l'adoption de l'IA et sur la notion de transition technologique en entreprise. »

(Entrevue 4)

« Donc on passe de quelque chose qui serait peut-être de l'idéation, « State of the art » académiquement parlant, sur des publications, mais nous on vise à valider la performance lorsqu'on l'appliquerait en entreprise. Puis on monte ça vers du TRL 7 à la limite. » (Entrevue 3)

« Développement de preuves de concept, d'études, de faisabilité ou même de solutions un peu plus matures pour des clients; donc en tant que développeur et expert scientifique. » (Entrevue 4)

« Que ce soit d'un point de vue stratégique, comment leur donner une bonne orientation stratégique. » (Entrevue 9)

- Phase de développement d'un prototype :

« Du développement expérimental, de la mise au point de modèles, la gestion de données, et d'implémentation. » (Entrevue 5)

« Se limite au niveau du développement du prototype, c'est à dire qu'on peut développer la solution pour le client. On peut même parfois l'aider à déployer la solution mais on ne fait pas le suivi et la maintenance de la solution. » (Entrevue 6)

- Phase d'intégration du projet en IA dans les processus :

« Toujours livrer ce qu'on appelle un MVP, un produit minimum viable qui est une application qui fonctionne dans l'environnement de l'entreprise, de bout en bout, sécurisé, qui va avoir un minimum de fonctionnalités pour répondre aux besoins. » (Entrevue 7)

« Puis généralement, il y a une version finale quelques mois plus tard qui là va être complètement secure, documentée, où il va avoir eu ce transfert de connaissances là pour permettre l'autonomie du client. » (Entrevue 7)

- Phase de maintenance :

« Tout ce qui est maintenance? Oui. Puis maintenance logicielle, ou la maintenance également des modèles. » (Entrevue 12)

Certaines structures vont mener leur accompagnement sur toutes les étapes du processus d'adoption de l'IA :

« Donc c'est très large, mais globalement c'est la chaîne au complet en fait. » (Entrevue 9)

« On développe à 360 l'application au complet. On peut déployer un lac de données, donc pour vraiment centraliser la gestion de la donnée. Ensuite on développe l'application avec l'interface back end / front end. Ensuite on intègre le modèle. Soit un modèle qui peut être hébergé localement dans l'entreprise, si ce sont des petits modèles ML, ou on développe l'infrastructure requise pour qu'il se plug avec des grands modèles de langage externe. » (Entrevue 7)

Tandis que d'autres ont un focus sur certaines étapes et morcellent leur offre en différents programmes d'accompagnement :

« On a différents modules d'accompagnement. On a un module d'accompagnement qui s'appelle NUMERIA, avec différents volets, qui a différents types d'accompagnement. Le but est de discuter avec des entreprises qui sont plus ou moins matures sur la question de l'IA et de les aider à la réflexion des définitions de cas d'usage, jusqu'à l'analyse et l'évaluation de leur écosystème, de leurs données, de leur maturité. » (Entrevue 4)

« Accompagne nos clients dans le développement, l'implémentation de solutions d'IA sur mesure. Et puis on a également une offre en conseil stratégique autour de l'IA et de la valorisation de données. » (Entrevue 8)

Beaucoup de structures d'accompagnement interrogées travaillent avec des entreprises de toutes tailles et de tous secteurs. Certaines ont néanmoins des profils de prédilection.

« On a même un programme qui vise à reprendre le relais des accélérateurs et incubateurs lorsqu'ils sortent des start-ups sortent de ces derniers. » (Entrevue 15)

« Non, ça peut toucher toutes les entreprises. On a quand même des verticales où on est plus forts : assurance et services financiers, manufacturier. Mais on a des clients un petit peu dans tous les secteurs d'activité. » (Entrevue 8)

« On touche tout en fait. On n'a pas de secteur privilégié au niveau technologique, au niveau de notre capacité à résoudre des problèmes. Notre équipe de vente, s'est concentrée sur le secteur manufacturier et construction. Mais on a beaucoup de inbounds dans différents secteurs : dans le pharmaceutique, dans la santé, dans le manufacturier, dans la construction des compagnies SaaS qu'on accompagne aussi. J'ai touché à beaucoup de différentes verticales au Québec. » (Entrevue 13)

Ces préférences pour certains profils peuvent être liées à un choix de modèle économique, ou à des profils internes alignés avec certains secteurs :

« C'est 95% des PME. C'est un choix, c'est un positionnement pour nous. On a décidé de s'organiser en tant qu'entreprise pour être capable de travailler avec plusieurs petits projets en parallèle. C'est ce que la PME vie : elle a besoin de petits projets et donc va être capable de s'orchestrer comme entreprise à travailler sur plusieurs projets à la fois. » (Entrevue 13)

« Donc ça vient du fait que mes 2 associés sont issus de ce secteur-là. Donc je pense que ça a été un développement naturel au début de la compagnie, puis après les choses se font de façon vertueuse. Ça fait quand même plusieurs années qu'on accentué sur le manufacturier parce qu'on avait quand même plusieurs profils comme moi, de type ingénieur dans la compagnie. » (Entrevue 8)

Les profils de maturité numérique et en IA des entreprises peuvent aussi être très divers :

« On a tous les profils et tous les niveaux de compréhension en IA qui viennent. » (Entrevue 9)

La nature des soutiens fournis aux entreprises va être propre aux structures d'accompagnement, à leur offre et aux besoins des entreprises :

« La PME, elle, elle veut être indépendante. Pour éviter d'avoir des frais mensuels, des frais de support. Mais elle n'a pas nécessairement la main d'œuvre pour le faire. Souvent, ce que ce qui marche le mieux pour ces compagnies là, c'est qu'ils aient accès à des experts sur demande, des gens qui peuvent appeler puis venir les aider. » (Entrevue 13)

« Soit ça reste organisationnel, soit ça peut rentrer dans des détails très techniques aussi selon les besoins. » (Entrevue 2)

Certaines structures d'accompagnement tissent des relations courtes et diverses, d'autres seront plutôt inscrites dans la durée.

« Le NUMERIA X, c'est un mandat un peu plus lent. Ça, ça dure entre 2 à 3 mois. » (Entrevue 6)

« L'objectif c'est vraiment de les rencontrer à chaque semaine, d'utiliser 80% du temps qu'on a dans ces mandats-là pour discuter avec eux » (Entrevue 4)

« On voit beaucoup de diversité plutôt que de relations très longues. » (Entrevue 3)

« Des clients récurrent chez qui on reste plusieurs années. » (Entrevue 8)

« On se détache par rapport à nos principaux compétiteurs, dans notre capacité à rester chez le client. » (Entrevue 8)

L'entrevue 12 détaille le type de collaboration qui existe entre les structures d'accompagnement et les entreprises, à travers le développement par les projets en IA. En effet certaines structures

d'accompagnement ne disposent pas de beaucoup de capital de risque pour développer un produit en IA dans sa totalité. De ce fait, ils passent par du co-développement avec des entreprises :

« Donc c'est pour ça que pour se financer, l'idée c'est un projet. Puis, tu fais bien ton projet de manière que tu puisses prendre ça, puis te retourner vers d'autres cas dans le monde. [...] Puis retravailler la solution, [...] puis en faire un produit qui est généralisé, pour qu'il puisse être adopté par d'autres. » (Entrevue 12)

Enfin, la matrice de fréquence d'intersection des segments codés, en annexe G, fait apparaître des points chauds entre les codes « Formes de soutien » et « Transfert de compétences », « Littératie en IA », ainsi que « Adoption IA ». Ces points chauds appuient les rôles détaillés ci-dessus, en mettant aussi l'accent sur les rôles d'éducateur et de formateur de ces structures, essentiels au regard de l'importance du frein de littératie en IA.

5.7 Comment l'accompagnement influence l'adoption de l'IA

Cette partie vise à présenter comment les structures d'accompagnement agissent sur l'adoption de l'IA et ses différentes dimensions.

D'abord les structures d'accompagnement avancent un rôle « d'éducateur » :

« À travers les étapes de démonstration de performance, on les amène à comprendre que les modèles ne sont pas performants, ils vont faire plein d'erreurs. Et ça, c'est un des plus gros apprentissages qu'ils vont avoir. » (Entrevue 3)

« À faire comprendre que les modèles, c'est un risque pour votre entreprise et ils vont perdre de la performance, donc vous devez être constamment aux actes. » (Entrevue 3)

« Surtout s'ils n'ont pas de compétences on va leur faire prendre conscience de leurs besoins en compétences. » (Entrevue 2)

Un point intéressant mentionné est la capacité des accompagnateurs à monter en maturité les projets en IA avant que les entreprises ne viennent y investir davantage, ou ne recourent à des financements externes :

« Super intéressant pour nous [...] de pas avoir eu d'investissement indus dans une entreprise qui n'était pas prête » (Entrevue 3)

« Il peut perdre son entreprise s'il investit des 600 000\$. Donc là en travaillant, il a peut-être payé, 500 000\$ parce qu'il y avait le leverage par le gouvernement du Québec dans son projet. Ça lui a fait sauver un demi-million facile. » (Entrevue 3)

Toutes les structures interrogées ont témoigné du besoin de s'adapter au profil de chaque entreprise rencontrée :

« Qu'on adapte en fonction de là où l'entreprise part, puis là où l'entreprise veut aller. » (Entrevue 4)

Les entrevues ont mis en avant leur rôle de transfert de compétences. Le transfert de compétences passe par l'implication du client dès les premières phases du projet en IA :

« On essaie d'intégrer le client le plus tôt possible, c'est à dire que l'on ne va pas attendre le dernier sprint ou les 2 derniers sprint (parce qu'on travaille de manière agile par sprint). » (Entrevue 4)

Il peut aussi être fait en facilitant les interactions entre acteurs : en intégrant directement des étudiants qui puissent être engagés par la suite :

« Accompagner les entreprises via des étudiants à la maîtrise professionnelle, donc des étudiants qui vont en stage pendant 2 sessions en entreprise. Et on accompagne ces entreprises-là et ces étudiants de manière régulière ou même hebdomadaire dans leur stage. » (Entrevue 2)

Ou en faisant le lien entre l'académique et l'industriel, ou entre différents secteurs :

« De pouvoir aller chercher des connaissances qui se font dans un secteur, et de pouvoir les transférer dans un autre, parce que justement on a toute cette connaissance interne orientée vers les besoins de l'industrie » (Entrevue 9)

Ce transfert de connaissance permet aux entreprises de gagner en confiance et de pouvoir poursuivre le projet initié, ou de mettre sur pieds d'autres projets :

« Puis notre rôle, c'est de leur augmenter la confiance qu'ils ont en eux pour avancer plus vite. »
(Entrevue 3)

« Mettre ça dans l'objectif, évidemment, c'est d'outiller la personne ou l'entreprise pour qu'elle puisse continuer son bout de chemin après » (Entrevue 5)

« Puis notre mission c'est le transfert du savoir-faire pour que l'entreprise le reprenne » (Entrevue 3)

« Évidemment, on fait tout le transfert de connaissances aux clients pour qu'ils puissent la maintenir. Dans certains cas aussi, il y a certains clients qu'on va accompagner pour la maintenance ou bien sur le support. Mais ce n'est pas vraiment notre objectif. L'idéal c'est c'est un client, qui à la fin du projet est capable d'opérer, capable de maintenir la solution. Il y a des gens de leur côté qui sont capables de travailler dessus, de continuer à l'améliorer. » (Entrevue 10)

Pour que ce transfert de compétences puisse se faire, l'entreprise doit disposer de profils à l'interne capables de prolonger l'influence de l'accompagnement :

« Là, si on fait un outil qui vient changer un peu le processus, on veut avoir un champion chez le client qui va l'adopter tout de suite au début, qui va nous aider à former les gens autour. Ce qui

fait que ce ne sera pas juste notre responsabilité de former les gens sur le nouvel outil, mais de cette personne-là au sein de l'entreprise. » (Entrevue 13)

5.8 Limites de l'accompagnement

Les entrevues ont permis de mettre en relief certaines limitations propres aux structures d'accompagnement, à l'écosystème ou aux politiques publiques dans le processus d'adoption de l'IA.

1) Force limitée

Tout d'abord, la capacité d'action des structures d'accompagnement demeure limitée. A l'échelle d'un projet en IA en collaboration avec une entreprise d'une part, les accompagnateurs ne peuvent agir sur tous les sujets :

« Nous on n'est pas une compagnie qui fait vraiment de management du changement. On peut accompagner un peu, mais ce n'est pas le focus. » (Entrevue 10)

« Par contre, on ne fait pas de développement » (Entrevue 1)

La limitation de la capacité des structures d'accompagnement à propulser l'adoption à grande échelle résulte aussi du nombre limité d'acteurs devant faire face à une forte demande :

« Un des défis de l'adoption, c'est aussi que XXX ne peut prendre qu'un certain nombre de clients par année et on n'a qu'un certain nombre de développeurs qui existent dans notre marché, qui peuvent répondre aux besoins de transformation numérique des entreprises. Ça fait que pour une mise à l'échelle, pour une croissance vraiment accélérée de l'adoption, ça va passer par des organisations intermédiaires ou des produits qui intègrent l'IA. » (Entrevue 7)

2) Subventions

Plusieurs entrevues ont pointé des dysfonctionnements dans le système de subvention. Certaines entrevues ont relevé que les entreprises se trouvaient pour la plupart dépendantes du système de subventions. La part importante de structures d'accompagnement faisant état de dysfonctionnement dans le système de financement s'illustre sur la matrice de fréquence d'intersection des segments codés, en annexe G, qui fait apparaître un point chaud entre les codes « Soutien financier » et « Limites à l'accompagnement ». Cette surdépendance aux subventions pour les entreprises pourrait s'expliquer par des investissements privés à plus court terme que dans d'autres régions d'innovation en IA :

« L'autre chose, c'est que les investisseurs au Québec sont habitués à investir à court terme. [...] dans la Silicon Valley, les financements sont de l'ordre de 10 ans. C'est à long terme. » (Entrevue 11)

Le processus d'application aux subventions est coûteux en temps et en énergie, et entraîne parfois un ralentissement de l'innovation :

« Il y quand même beaucoup d'entreprises qui cherchent activement des subventions. L'écosystème est assez généreux, au Québec, puis au Canada. Donc les compagnies essayent d'en profiter. Ça ralentit quand même beaucoup le processus. » (Entrevue 8)

« 8 rapports c'est vraiment coûteux. Le processus d'application à des subventions est très coûteux. » (Entrevue 7)

« Les problèmes de financement pour les entreprises sont très longs. Je fais un projet, je fais une soumission. La soumission prend un an avant que je n'ai la réponse, c'est trop long. » (Entrevue 11)

« Parce que 2 choses peuvent arriver : il ne bénéficie pas des gains opérationnels. Il prend 1, 9 ou 12 mois avant d'en bénéficier, puis de 9 à 12 mois plus tard, peut-être que son processus a changé, ce n'est plus exactement le même projet. Et ça crée des frictions là, avec les organismes subventionnaires, puis les subventions. » (Entrevue 13)

L'important semble être de trouver un équilibre dans ces financements, pour permettre aux entreprises d'entreprendre des projets en IA, sans ralentir l'innovation :

« Je crois que la question que le gouvernement va devoir se poser, c'est jusqu'à quel point une structure comme ScaleAI c'est bon versus ça devient néfaste pour l'écosystème, dans le sens que c'est bien d'avoir du financement, mais pas si ça devient une béquille plus qu'un tremplin. » (Entrevue 10)

Pour certains, le financement ne doit pas être un déclencheur de projets ou une fin en soi, mais un moyen d'atteindre certains objectifs :

« Avec un client pour lequel ça fait au moins 2 ans qu'on est avec lui. On a commencé avec la planification stratégique, on a fait des environnements de données, on a fait des premières briques d'IA. Puis là, il va aller plus loin, plus ambitieux avec un ScaleAI. » (Entrevue 8)

« La subvention c'est bien, mais ce qui est important c'est de trouver le usecase où le bénéfice est tellement grand que la subvention ne fait pas une différence matérielle en business case. » (Entrevue 10)

3) Mandats trop courts

Cette vision à court terme induit des mandats courts, où les risques (de non retour sur investissement) sont minimisés.

« Ça pousse à faire des projets one off. J'ai mon ScaleAI, j'ai fait mon projet mais après j'ai plus de subvention, je m'arrête là. » (Entrevue 8)

« Les programmes qu'ils nous font, ils les coupent en petit morceau parce qu'ils veulent être sûrs de mitiger leur risque financier. Sauf que ce n'est pas efficace. Ça fait beaucoup de paperasse puis d'administration » (Entrevue 11)

4) Limite du lien industrie/académie

Certains répondants ont témoigné de dissonances entre le milieu académique et industriel :

« Les programmes de financement du Québec où l'on tente d'encourager la collaboration entre le secteur académique et le secteur privé [...] c'est vraiment difficile pour les entreprises. La discontinuité des cycles de production de connaissances et les cycles de production, de conception, de développement des outentreprises. L'alignement entre les parties prenantes qui ont des intérêts différents. Tout ça, c'est vraiment tough. » (Entrevue 7)

Les objectifs, les besoins, les données et les applications sont différents :

« La grosse différence qui entre l'académie et l'industrie, c'est que l'académie souvent travaille sur des problèmes qui sont connus. Et finalement, l'objectif est de performer sur une tâche particulière donc on va optimiser à tout coup les performances [...] Sauf que cette tâche, elle est souvent très maîtrisée, elle est très contrôlée. C'est sur des datasets qui sont souvent très connus avec des

benchmarks qui existent, mais ça nécessite de prendre des travaux qui sont dans un scope très restreint, puis qu'on essaie d'appliquer purement à l'industrie. Finalement le challenge il est là aussi : on ne peut pas appliquer des méthodes académiques à l'industrie, parce qu'on a des besoins qui sont radicalement différents. » (Entrevue 9)

La collaboration entre industrie et académie n'est pas une solution intuitive pour tous les esprits :

« Mais eux autres, ce ne sont pas naturellement des collaborateurs pour d'autres adhésions ou d'autres liens entre académiques et industries. » (Entrevue 15)

« Il y a ceux quelque part qui pourraient, ils ne savent pas comment collaborer puisqu'ils ont parfois des perceptions négatives, qui sont souvent erronées en partie ou en totalité. » (Entrevue 15)

5) Manque de coordination

Certaines entrevues ont pointé un manque de coordination et une redondance des champs d'actions entre structures :

« Parfois, on a l'impression que des organismes font avec l'argent du gouvernement des activités qui sont concurrentielles à nous. Puisqu'ils ne sont pas légitimes en fait dans ces activités ou pas spécifiques. Ce sont des activités dans lesquelles il y a une offre commerciale. » (Entrevue 8)

« Il y a comme un désalignement, ou un disconnecte, entre la vision du gouvernement puis la manière dont c'est implémenté. » (Entrevue 11)

L'entrevue 11 a pointé le rôle des CCTT dans l'accompagnement des entreprises dans leur adoption de l'IA et le fait que certaines structures prennent la place des CCTT :

« Mais je pense que ce qui arrive, c'est que XXX est en train de prendre toute la place qui était supposée d'être donnée au CCTT. » (Entrevue 11)

6) IAb Blanchiment (AI-washing)

Avec toute l'effervescence autour de l'IA, et le désarroi apparent des entreprises, de nombreuses structures offrant services et outils en IA sont apparues. Certains répondants aux entrevues ont fait part de leur défiance à l'égard de certaines offres de service en IA.

« On ne fait pas de la stratégie pour la stratégie. » (Entrevue 7)

« Et de dire qu'on a Microsoft Copilot, ça ne veut pas dire qu'on a intégré l'intelligence artificielle. Parce qu'il n'y a pas eu nécessairement une augmentation au niveau de la maturité technologique. » (Entrevue 14)

« Eh bien des gens qui ne connaissent pas l'IA, qui connaissent de manière superficielle. [...] Ils n'iront pas plus profond que moi, mais en plus ils vont être dommageables » (Entrevue 11)

5.9 Reformulation des propositions de recherche en hypothèses

Pour H1, la proposition de recherche relative à la répartition, selon le profil socio-économique des entreprises, des facteurs de frein en IA, maturité numérique et littératie en IA du répondant, les résultats préliminaires ont souligné que les PME souffrent davantage de freins financiers, et se retrouvent plus dépendantes aux subventions. Pour leur part, les grandes entreprises font davantage face à une résistance au changement. En ce qui concerne le niveau de littératie en IA des individus aux postes de direction, les entrevues n'ont pas apporté de réponses quant à sa répartition entre les entreprises.

En ce qui concerne le secteur, les difficultés sont assez uniformes. Seuls les secteurs déjà fortement numérisés peuvent s'extraire des difficultés. Le niveau de compréhension de l'IA au sein d'une entreprise ou d'un secteur dépend aussi de la technologie en jeu (certaines applications étant plus éprouvées que d'autres)

Ces observations nous amènent à confirmer la pertinence de la proposition H1, et de formuler les deux hypothèses suivantes :

- H1.b : Les freins à l'adoption de l'IA varient selon taille de l'entreprise.
- H1.d : Le niveau de maturité numérique d'une entreprise varie selon le secteur d'activité.

Pour H2, les résultats préliminaires des entrevues semblent éclairer le lien entre la nature de la structure d'accompagnement, la nature des soutiens fournis par cette structure et le profil socio-économique de l'entreprise.

Il semble que les accompagnateurs peuvent approcher un large panel de profils d'entreprises, ce qui permet de renforcer leur expérience. D'autres structures se spécialisent dans des secteurs et des tailles d'entreprise.

Le profil numérique initial de l'entreprise, plutôt que son profil socio-économique, serait à l'origine du type de structure qu'elle va rechercher pour un projet en IA, mais aussi les soutiens qu'elle sera amené à recevoir. Les soutiens (stratégiques, techniques ou autres) se recoupent entre les structures. Certaines structures proposent un accompagnement « complet », d'autres se spécialisent sur certains aspects.

Ces observations nous amènent à modifier la portée de la proposition H2, en insistant sur le profil numérique plutôt que son profil socio-économique et de formuler les deux hypothèses suivantes :

- H2.a : La nature de l'appui technique est corrélée au niveau de maturité numérique de l'entreprise.
- H2.b : La nature des soutiens reçus est corrélée au niveau de maturité numérique de l'entreprise.

L'enquête par sondage pourrait permettre de déterminer les préférences en structure d'accompagnement des entreprises québécoises selon leur profil. Un modèle statistique intégrant les variables dépendantes (profil socio-économique et profil numérique) et indépendantes (nature de la structure d'accompagnement et types de soutiens reçus) permettrait de trancher sur la question.

Pour H3, proposition étudiant l'effet du profil numérique sur les différentes dimensions de l'adoption de l'IA, les entrevues permettent d'avancer plusieurs résultats préliminaires intéressants.

Tout d'abord, les entrevues ont permis de vérifier la pertinence de certains concepts utilisés pour décrire les différents phénomènes. En effet, la description du phénomène d'adoption de l'IA à travers un premier projet pilote a été appuyé par les répondants aux entrevues. Le déroulé d'un projet reprend le déroulé détaillé dans la revue de littérature, en précisant son déroulé par l'échelle de TRL.

Ensuite, les concepts de littératie en IA des personnes occupants des postes de direction (notamment la connaissance et la perception de l'IA), la maturité numérique de l'entreprise, et certains freins à l'adoption de l'IA ont été appuyés par les répondants aux entrevues comme étant primordiaux dans la compréhension de l'adoption de l'IA.

Les entretiens ont renforcé les items de la maturité numérique, en appuyant notamment sur la dimension des données ainsi que celle de la culture numérique.

Les entretiens ont fait ressortir deux freins à l'adoption de l'IA : les freins financiers et les freins de connaissance et de compréhension. D'autres freins ont été identifiés lors des entretiens : le manque de leadership de la direction, l'absence de vision stratégique du processus d'adoption, la résistance au changement et d'autres. Le faible niveau de littératie en IA apparaît comme un frein à l'adoption de l'IA « universel ». De ce faible niveau découlent beaucoup d'autres freins : manque de connaissances quant aux besoins et aux coûts en IA, vision erronée du processus d'innovation en IA, difficultés à cerner les capacités de l'IA.

Enfin, il semble qu'il existe une corrélation entre ces concepts, ou que la segmentation opérée entre eux est à redéfinir. Les interactions entre les concepts seront à déterminer par l'utilisation de l'outil quantitatif.

Ces observations nous amènent à confirmer la portée de la proposition H3, en précisant entre l'adoption de l'IA et les liens des différentes variables regroupées dans le profil numérique comme tel :

- H3.a : Un faible niveau de littératie en IA, dans les postes de direction, constitue un frein majeur à l'adoption de l'IA.
- H3.b : Un faible niveau de littératie en IA, chez les employés, constitue un frein majeur à l'adoption de l'IA.
- H3.c : Le coût d'acquisition de l'IA constitue un frein majeur à l'adoption de l'IA.
- H3.d : La réussite de projets en IA repose autant sur des facteurs techniques qu'humain.
- H3.e : Le niveau de maturité numérique d'une entreprise est positivement corrélé à l'adoption de l'IA.

Pour H4, proposition étudiant l'effet de l'accompagnement et du soutien financier sur le lien entre profil numérique et adoption de l'IA, les entrevues ont mis en lumière les constats suivants :

Les PME qui souhaitent innover en IA font souvent appel à des soutiens financiers externes, tels que des subventions. Un accompagnement technique et stratégique couplé à ce soutien apparaît comme efficace pour empêcher les entreprises de faire une mauvaise utilisation de ces financements. Toutefois, certains répondants ont pointé une dépendance des entreprises à l'égard de ces subventions, qui conditionnent parfois la durée des projets. Certains projets restent en phase expérimentale, faute d'autres fonds.

Les structures d'accompagnement ont des profils pluriels, et des objectifs divers. Les rôles joués par chacun peuvent être partagés par d'autres structures dans d'autres mesures.

Parmi les rôles mis en avant lors des entrevues on retrouve :

- Éduquer : l'éducation aux sujets de l'IA est l'une des missions communes citées dans les entrevues. Cela peut se faire par du mentorat, ou une offre de formations, et concerner autant les dirigeants que les employés.
- Diagnostiquer : par son expertise et ses outils, la structure d'accompagnement diagnostique les forces et faibles de l'entreprise, et permet d'axer l'adoption de l'IA selon une stratégie basée sur ce diagnostic. Ce diagnostic est essentiel pour l'établissement d'une stratégie viable, basée sur les ressources et objectifs de l'entreprise.
- Développer : la plupart des entreprises ou OBNL interrogées ont admis le principe de projet en IA. Ils l'ont détaillé comme un développement par symbiose, nécessitant une forte collaboration des deux parties. Le co-développement de solutions en IA favorise la création de compétences au sein de l'entreprise.

- Fournir : certaines structures ont pour spécialité de fournir leur propre solution, ou services en IA (de maintenance). Ce rôle est occupé majoritairement par des entreprises.
- Transférer : Enfin, même si certaines entreprises entretiennent des relations inscrites dans la durée avec leurs accompagnateurs, l'objectif est de se voir transférer une partie des compétences à l'interne, pour que les solutions en IA puissent être utilisées à leur plein potentiel.

Ces observations nous amènent à confirmer la nature modératrice de l'accompagnement, ainsi que la portée de la proposition H4, et de détailler les sous-hypothèses suivantes :

- H4.a : L'accompagnement technique joue un rôle déterminant dans la réussite du premier projet IA.
- H4.b : L'accompagnement technique joue un rôle déterminant dans la propension à initier de nouveaux projets en IA.
- H4.c : L'accompagnement financier joue un rôle déterminant dans la réussite du premier projet IA.
- H4.d : Les entreprises ayant collaboré avec plusieurs structures d'accompagnement une probabilité plus importante de réussir leur projet en IA.
- H4.e : Les entreprises ayant bénéficiées de plusieurs formes de soutiens ont une probabilité plus importante de réussir leur projet en IA.

Pour H5, qui visait à étudier l'influence de la réussite d'un premier projet en IA sur la propension d'une entreprise à mener de futurs projets en IA, on a pu constater que :

Beaucoup d'entreprises ont une vision erronée du processus d'innovation en IA, et du « succès » d'un projet. Ces entreprises perçoivent les projets comme des blocs distincts avec un début et une fin, là où les accompagnateurs des entrevues ont fait ressortir l'aspect continue de l'adoption de

l'IA : les projets qui en sont constitutifs ne peuvent être considérés comme isolés, ils font partie d'une transformation qui ne doit être perçue par une entreprise que comme inscrite dans une finitude.

Cette vision erronée est véhiculée par certains systèmes d'IA ou entreprises qui présentent la technologie comme une solution facile, source de retours sur investissements rapides. La réalité de la charge de travail est toute autre. Beaucoup d'entreprises se retrouvent alors déçus de leur premier projet : difficultés de maintien, durée et coûts imprévus. Cette déception est en grande partie due à cette vision erronée. C'est alors que les structures d'accompagnement entrent en jeu, et aident les entreprises à corriger leur vision de l'innovation en IA.

Le succès d'un premier projet en IA est évidemment financier, mais il ne faut pas occulter des bénéfices tels que le transfert de compétences, la montée en maturité numérique, ou le changement de rapport à la transformation numérique.

Ces observations nous amènent à confirmer la proposition H5, qui sera formulée comme telle :

- H5 – La propension à initier de nouveaux projets en IA est positivement corrélée à la réussite d'un projet en IA.

CHAPITRE 6 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L'analyse des entrevues a permis d'extraire certaines observations qui vont permettre de critiquer le modèle conceptuel mis au point dans la méthodologie, notamment la pertinence des propositions de recherche et le rôle des variables dans le modèle. Cette phase qualitative avait pour but de vérifier la pertinence des propositions de recherche, des liens entre variables, et d'identifier des variables manquantes dans le modèle.

6.1 Conclusions

En conclusion, ce projet de recherche a permis, à partir de la revue de littérature, d'identifier les concepts régissant l'adoption de l'IA dans les entreprises du Québec, avec notamment la notion d'accompagnement. Une description du processus d'adoption a été enrichie, avec la présentation du rôle et des limites de l'accompagnement dans ce processus. Différents indicateurs permettant la description et la mesure de ces concepts et de leurs dimensions ont également été extraits de la littérature.

Plusieurs propositions de recherche ont été formulées à partir des observations de la littérature. Ces propositions ont permis de construire un modèle conceptuel de l'adoption de l'IA faisant figurer les différents concepts régissant le phénomène.

Le premier objectif de ce projet de recherche a donc été rempli.

Afin d'étudier la pertinence de ce modèle, notamment celle des concepts, de leurs indicateurs, et des propositions, deux études complémentaires ont été développées.

Une première étude, qualitative, par entrevue semi-dirigées auprès des membres de structures d'accompagnement québécoises, a permis de consigner les observations d'une quinzaine de

membres de ces structures. Ces entrevues ont permis d'étudier la pertinence des propositions de recherche, et de raffiner les liens entre les variables afin de formuler des hypothèses statistiques.

La méthode d'une seconde étude, quantitative, par sondage auprès d'entreprises québécoises a été développée. Ce travail sur la méthode a notamment permis d'établir un échantillon de répondants potentiels. Un questionnaire a été mis au point et pré-testé, avant d'être encodé en ligne en anglais et français. Enfin, une partie du code pour l'analyse statistique des réponses à ce questionnaire a été mise au point et testée avec un sous-échantillon de répondants. La soumission de ce questionnaire et le traitement des données pour l'étude des hypothèses statistiques feront l'objet d'un prochain projet de recherche, inscrit dans la continuité d'une étude globale sur l'adoption de l'IA en entreprise.

Le second objectif de ce projet de recherche a donc été rempli. Pour ce qui est du troisième objectif, la poursuite de l'enquête par sondage permettra de l'achever pleinement.

6.2 Recommandations

Le Québec dispose d'un écosystème de recherche en IA de calibre international, ainsi que d'une forte attractivité des talents en IA, grâce notamment à ses universités. Cet écosystème constitue une base solide pour propulser l'adoption de l'IA dans sa société et ses entreprises.

Cependant, les entrevues révèlent que cet écosystème souffre d'un manque de coordination. Les différents acteurs peinent encore à collaborer efficacement et à mutualiser leur forces et faiblesses. Dans certains cas, les expertises des structures se chevauchent et se font concurrence, notamment entre privée et public. Une meilleure connaissance du champ d'action de chacun permettrait de mieux optimiser les ressources et les investissements publics.

Ainsi, le projet de recherche recommande d'améliorer la transparence sur les activités d'accompagnement, de partager des exemples de bonnes pratiques, de cas d'usage et de succès. Le projet de recherche recommande également de poursuivre les efforts pour dynamiser cet écosystème, en faisant notamment se rencontrer les différents acteurs et les entreprises.

Un des principaux freins identifiés est le faible niveau en littératie en IA chez les dirigeants québécois. La littératie en IA est une pierre angulaire pour le développement et l'adoption d'une IA responsable au Québec. Le projet de recherche recommande le développement et la mise à disposition de formations reconnues, faciles d'accès, adaptées à différents niveaux, afin d'accroître le niveau de littératie de la population québécoise. Ces formations pourraient être destinées aux employés, comme aux dirigeants, et faire l'objet d'un format adapté aux contraintes de l'entreprise.

Les entrevues ont mentionné le besoin de mettre au point des métriques fiables autour de l'adoption de l'IA. Ainsi nous invitons à poursuivre le travail de conception et de soumission de l'outil statistique développé dans cette étude. Le Québec gagnerait aussi à diversifier et utiliser à grande échelle ces outils afin de mesurer d'autres notions relatives à l'adoption de l'IA : outils pour l'auto-évaluation de la littératie en IA, le diagnostic de la maturité numérique ou la mesure d'un ROI de projets en IA.

Les répondants ont aussi pointé les limites du principe de subvention comme levier d'adoption. Il serait pertinent d'étudier l'impact d'autres mécanismes financiers, tels que des crédits d'impôt pour le développement et l'adoption de l'IA (CDAE-IA), sur la pérennité des projets en IA.

6.3 Limites et poursuite de la recherche

L'objectif était de concevoir et de tester l'outil d'enquête par questionnaire. Par conséquent, les résultats reposent uniquement sur l'analyse qualitative des entrevues exploratoires. La mise en œuvre ultérieure du questionnaire, auprès d'un échantillon élargi d'entreprises, permettra de valider ces premiers constats et d'approfondir la compréhension des facteurs d'adoption de l'IA.

Une attention a été portée quant à la validité de l'étude (l'adéquation entre le sujet de recherche et la ou les questions utilisées pour recueillir cette information). Cependant, certains aspects de l'étude statistique dégradent cette validité. La revue de littérature avait mis en relief l'intrication existante entre les différentes variables, le mélange des causes et des effets. Les effets rétroactifs, avec par exemple l'évolution du niveau de maturité numérique à la suite de l'adoption de l'IA, sont difficilement mesurables par l'outil statistique. Le modèle conceptuel, qui par nature simplifie la réalité empirique, pourra être repris et complexifié, en intégrant ces liens rétroactifs entre les différentes variables. Les entrevues permettent de préciser les liens causaux existants entre variables.

Ensuite, l'étude d'un unique projet, avec des conclusions quant aux répercussions sur l'adoption technologique était un choix méthodologique justifié par la difficulté de mesurer l'adoption de l'IA dans son ensemble. La mesure de tout le phénomène d'adoption de l'IA est restreinte, mais la littérature et les entrevues permettent d'appuyer ce choix de mesurer un projet et ses répercussions.

La quantification de la réussite du projet en IA était une notion complexe. Le choix a été fait de créer une échelle qui regroupe certains indicateurs et la perception de réussite. Une séparation future dans le questionnaire entre indicateurs chiffrables et perception du répondant permettrait de gagner en compréhension du phénomène.

Certaines dimensions des phénomènes pourraient être davantage détaillées, au détriment d'autre (par exemple l'utilisation du cloud, même si c'est un point détaillé dans la 5^{ème} question de la

maturité numérique, se trouve dans une question qui la place avec d'autres infrastructures). Une question relative à la perception du processus d'innovation pourrait être ajoutée au questionnaire, au détriment d'autres questions (les questions relatives au recrutement n'ont, par exemple, pas été utilisées dans ce modèle).

Malgré l'attention qui a été portée quant à la fiabilité de l'outil de mesure par sondage, la plupart des questions ont été formulées par l'équipe de recherche. D'autres études pour renforcer la fiabilité de celui-ci pourraient avoir lieu, en menant notamment des entrevues avec des spécialistes du milieu afin de valider la pertinence des concepts retenus pour la mesure des phénomènes et la formulation des questions associées.

L'erreur de mesure (*le décalage entre ce que le chercheur a demandé et comment le répondant a répondu.*) a été minimisée au possible. L'accent a été mis sur l'adéquation entre le concept à mesurer et la compréhension de la question par le répondant, en mettant l'accent sur une définition des termes complexes, notamment en ce qui concerne l'IA. Ces définitions et les notes fournies au répondant devaient lui permettre de bien identifier un projet en IA. En complément, pour s'assurer de cette bonne identification, d'autres gardes fous peuvent être déployés, notamment au travers de la question ouverte sur la nature du projet en IA. L'étude approfondie de cette question pourra permettre d'évaluer si le projet identifié par le répondant correspond bien aux attentes du chercheur.

Une fois l'outil statistique à nouveau soumis, il sera possible de reprendre le travail préliminaire d'analyse sur R qui a été commencé dans cette étude et consigné dans l'annexe F. Les transformations faites aux réponses du questionnaire en variable exploitables ont été documentées afin de faciliter le travail à toute personne souhaitant poursuivre l'étude.

Le travail sur l'imputation des valeurs de certaines variables sera à reprendre, notamment concernant les valeurs manquantes « NA », ou l'étude des modalités de réponse « Autre ».

La construction des scores de littératie en IA et de maturité numérique pourra être reprise, en ce qui concerne la pondération de chaque dimension dans le calcul de ces scores. Le score de maturité numérique est basé sur la littérature, notamment pour ce qui est de la répartition des items dans les trois dimensions. Il sera possible de tester l'adéquation des données à ce modèle théorique, en étudiant la répartition des données par le biais d'une ACF (Analyse Confirmatoire Factorielle).

Afin de réduire l'erreur d'ajustement, il serait intéressant de construire un score de pondération des réponses des répondants, comprenant notamment le score de littératie en IA du répondant et son niveau de participation au projet en IA.

RÉFÉRENCES

- Accueil—Activation IA*. (2024, octobre 8). <https://activationia.crim.ca/>
- Affaires, L. (2024a, mai 22). Le classement 2024 des 300 plus grandes entreprises du Québec. *Les Affaires*. <https://www.lesaffaires.com/outils/classements/le-classement-2024-des-300-plus-grandes-entreprises-du-quebec-2/>
- Affaires, L. (2024b, octobre 23). Les 300 plus importantes PME du Québec 2024. *Les Affaires*. https://www.lesaffaires.com/dossiers/special-300-pme-2024/les-300-plus-importantes-pme-du-quebec-2024-edition_23_10_2024/
- AI Principles Overview*. (s. d.). Consulté 11 novembre 2025, à l'adresse <https://oecd.ai/en/principles>
- Ajzen, M., Rondeaux, G., Pichault, F., & Taskin, L. (2016). Performance et innovation en PME : Une relation à questionner¹. *Revue internationale P.M.E.*, 29(2), 65-94. <https://doi.org/10.7202/1037923ar>
- Albouze, M. (2019). *Évolution des relations coopératives et rationalités des acteurs dans les écosystèmes d'innovation*. <https://doi.org/10.7202/1008708aradresse%20copiéeune%20erreur%20s'est%20produite>
- Alshahrani, R., Yenugula, M., Algethami, H., Alharbi, F., Shubhra Goswami, S., Noorulhasan Naveed, Q., Lasisi, A., Islam, S., Khan, N. A., & Zahmatkesh, S. (2024). Establishing the fuzzy integrated hybrid MCDM framework to identify the key barriers to implementing artificial intelligence-enabled sustainable cloud system in an IT industry. *Expert Systems with Applications*, 238. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121732>

Analyse économique des investissements réalisés en intelligence artificielle au Québec. (2022).

<https://api.forum->

[ia.devbeet.com/app/uploads/2022/03/pwc_forumiaqc_sommaire_2022.pdf](https://api.forum-ia.devbeet.com/app/uploads/2022/03/pwc_forumiaqc_sommaire_2022.pdf)

Apprendre ensemble pour une intelligence artificielle responsable. (2024, novembre 28).

Innovation, Sciences et Développement économique Canada. <https://ised->

[isde.canada.ca/site/conseil-consultatif-intelligence-artificielle/fr/groupe-travail-](https://ised-isde.canada.ca/site/conseil-consultatif-intelligence-artificielle/fr/groupe-travail-)

[sensibilisation-public/apprendre-ensemble-pour-intelligence-artificielle-responsable](https://ised-isde.canada.ca/site/conseil-consultatif-intelligence-artificielle/fr/groupe-travail-sensibilisation-public/apprendre-ensemble-pour-intelligence-artificielle-responsable)

Aslanova, & Kulichkina. (2020). *Digital Maturity Definition and Model.*

Aujourd'hui l'économie—La Chine a-t-elle déjà gagné la bataille mondiale de l'intelligence

artificielle? (2025, novembre 11). RFI. <https://www.rfi.fr/fr/podcasts/aujourd-hui-l->

[%C3%A9conomie/20251111-chine-a-t-elle-d%C3%A9j%C3%A0-gagn%C3%A9-](https://www.rfi.fr/fr/podcasts/aujourd-hui-l-%C3%A9conomie/20251111-chine-a-t-elle-d%C3%A9j%C3%A0-gagn%C3%A9-bataille-mondiale-intelligence-artificielle)

[bataille-mondiale-intelligence-artificielle](https://www.rfi.fr/fr/podcasts/aujourd-hui-l-%C3%A9conomie/20251111-chine-a-t-elle-d%C3%A9j%C3%A0-gagn%C3%A9-bataille-mondiale-intelligence-artificielle)

BenLetaifa, S., & Rabeau, Y. (2012). *Évolution des relations coopératives et rationalités des*

acteurs dans les écosystèmes d'innovation. <https://doi.org/10.7202/1008708ar>

Blog—DeepSeek : L'IA chinoise qui bouleverse le marché et fait chuter les actions tech. (s. d.).

Consulté 15 août 2025, à l'adresse <https://www.roboto.fr/blog/deepseek-l-ia-chinoise-qui->

[bouleverse-le-march-et-fait-chuter-les-actions-tech](https://www.roboto.fr/blog/deepseek-l-ia-chinoise-qui-bouleverse-le-march-et-fait-chuter-les-actions-tech)

Borrás, S., Gerli, F., & Cenzato, R. (2024). Technology transfer offices in the diffusion of

transformative innovation : Rethinking roles, resources, and capabilities. *Technological*

Forecasting and Social Change, 200, 123157.

<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123157>

Bryan, J. D., & Zuva, T. (2021). A Review on TAM and TOE Framework Progression and How These Models Integrate. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 6(3), 137-145. <https://doi.org/10.25046/aj060316>

Budget de 2025 : Un Canada fort. (s. d.). Consulté 5 novembre 2025, à l'adresse <https://budget.canada.ca/2025/report-rapport/pdf/budget-de-2025.pdf>

Calculquebec.ca. (s. d.). Consulté 4 septembre 2025, à l'adresse <https://www.calculquebec.ca/>

Cayrat & Charles. (2021). *Étude industrie technologique.* TECHNOCompétences. <https://www.technocompetences.qc.ca/information/profil-main-doeuvre-intelligence-numerique-quebec/>

Ce que l'on sait de Stargate, le projet à 500 milliards de dollars de Donald Trump dans l'intelligence artificielle. (2025, janvier 22). Franceinfo. https://www.franceinfo.fr/monde/usa/presidentielle/donald-trump/ce-que-l-on-sait-de-stargate-le-projet-a-500-milliards-de-dollars-de-donald-trump-dans-l-intelligence-artificielle_7029521.html

Chakravorti, B., Bhalla, A., & Chaturvedi, R. S. (2023, décembre 12). Charting the Emerging Geography of AI. *Harvard Business Review*. <https://hbr.org/2023/12/charting-the-emerging-geography-of-ai>

Chercheurs et entreprises du Québec travaillent conjointement à accélérer l'adoption de l'IA. (2025, juin 6). Vitrine IA. <https://vitrine.ia.quebec/ecosysteme/chercheurs-et-entreprises-du-quebec-travaillent-conjointement-a-acceler-ladoption-de-lia-0983c4de-cc5d-494b-ad22-744239dac840>

Comprendre. (s. d.). Vitrine IA. Consulté 15 août 2025, à l'adresse <https://vitrine.ia.quebec/fr/comprendre>

Coup d'œil sur l'écosystème québécois de l'IA : Un répertoire stratégique pour l'innovation. (2025, juin 6). Vitrine IA. <https://vitrine.ia.quebec/coup-doeil-sur-lecosysteme-quebecois-de-lia-un-repertoire-strategique-pour-linnovation-94c49b9d-c730-45af-b79a-e6cb03fbd817>

De Marcellis-Warin, N. (2022). *Analyse comparative d'écosystèmes en IA dans le but de repérer les pratiques innovantes en matière de formation et de transfert de connaissances.* CIRANO. <https://doi.org/10.54932/SXOH3928>

Digitization vs digitalization. (s. d.). SAP. Consulté 11 août 2025, à l'adresse <https://www.sap.com/products/erp/digitization-vs-digitalization.html>

Dubois, S., & Koriajnova, E. (s. d.). *VERS LES MESURES DE PERFORMANCE DE L'ACTIVITE D'INNOVATION.*

Enholm, I. M., Papagiannidis, E., Mikalef, P., & Krogstie, J. (2022). Artificial Intelligence and Business Value : A Literature Review. *Information Systems Frontiers*, 24(5), 1709-1734. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10186-w>

Évaluation de la maturité numérique. (s. d.-a). BDC.ca. Consulté 20 février 2025, à l'adresse <https://www.bdc.ca/fr/articles-outils/boite-outils-entrepreneur/evaluation-entreprise/maturite-numerique>

Évaluation de la maturité numérique : Potentiel numérique. (s. d.-b). SimpleSondage | SimpleSurvey. Consulté 20 février 2025, à l'adresse

<https://form.simplesurvey.com/f/s.aspx?s=b9e9e89d-51e1-45b8-8b5d-41587d99ce02&lang=FR>

Fioravanti, V. L. S., Stocker, F., & Macau, F. (2023). Knowledge transfer in technological innovation clusters. *Innovation & Management Review*, 20(1), 43-59.
<https://doi.org/10.1108/INMR-12-2020-0176>

Fontenille, B. (2024, mars 21). Introduction à l'intelligence artificielle. *INVENTIV IT*.
<https://inventiv-it.fr/intelligence-artificielle/>

Gingras, M.-È., & Belleau, H. (2015). *AVANTAGES ET DÉSAVANTAGES DU SONDAGE EN LIGNE*. <https://espace.inrs.ca/id/eprint/2678>

GONZÁLEZ-BENITO, Ó., MUÑOZ-GALLEGU, P. A., & GARCÍA-ZAMORA, E. (2013). *Role of collaboration in innovation success: Differences for large and small businesses*.
<https://doi.org/10.3846/16111699.2013.823103>

Gouvernement du Canada, S. C. (2024, juin 20). *Analyse de l'utilisation de l'intelligence artificielle par les entreprises au Canada, deuxième trimestre de 2024*.
<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-621-m/11-621-m2024008-fra.htm>

Gouvernement du Canada, S. C. (2025, septembre 11). *Analyse de l'utilisation prévue de l'intelligence artificielle par les entreprises au Canada, troisième trimestre de 2025*.
<https://www150.statcan.gc.ca/n1/pub/11-621-m/11-621-m2025011-fra.htm>

Groupe NOVIPRO - Portrait TI - 8e Edition.pdf. (s. d.). Consulté 7 mai 2024, à l'adresse
https://2715025.fs1.hubspotusercontent-na1.net/hubfs/2715025/Groupe%20NOVIPRO%20-%20Portrait%20TI%20-%208e%20Edition.pdf?__hstc=188426807.012a17738c0a432ff7847bfa7c933a13.171511

5123576.1715115123576.1715115123576.1&__hssc=188426807.1.1715115123576&__h
sfp=3615155520&hsCtaTracking=65443c7a-649a-4634-9368-
75e20a12a04a%7C6ae73378-87c6-4355-bbd9-8570a3b936e1

Groves, R. M., Jr, F. J. F., Couper, M. P., Lepkowski, J. M., Singer, E., & Tourangeau, R. (2011). *Survey Methodology*. John Wiley & Sons.

Hétu, M. (2024, octobre 10). *Littératie IA : La clé de l'adoption en organisation*. Moov AI. <https://moov.ai/fr/blog/litteratie-intelligence-artificielle>

How Businesses Are Using Artificial Intelligence In 2024 – Forbes Advisor. (s. d.). Consulté 2 avril 2024, à l'adresse <https://www.forbes.com/advisor/business/software/ai-in-business/>

Innovation, D. :, & Canada, S. et D. économique. (2025a, mai 23). *Écosystème de l'intelligence artificielle*. Innovation, Sciences et Développement économique Canada. <https://ised-isde.canada.ca/site/ised/fr/ecosysteme-lintelligence-artificielle>

Investissements publics favorisant le développement et le déploiement responsables de l'IA dans le secteur de la recherche. (s. d.). Consulté 7 mai 2024, à l'adresse https://conseilinnovation.quebec/wp-content/uploads/2023/10/CIQ_investissements_publics_IA_EDS_v2.pdf

IVADOLabs | Notre Histoire. (s. d.). IVADO LABS. Consulté 22 avril 2024, à l'adresse <https://ivadolabs.com/fr/notre-histoire/>

Jegham, N., Abdelatti, M., Elmoubarki, L., & Hendawi, A. (2025). *How Hungry is AI? Benchmarking Energy, Water, and Carbon Footprint of LLM Inference* (No. arXiv:2505.09598). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2505.09598>

La culture numérique : Conduire transformation numérique. (s. d.). Tulip. Consulté 9 septembre 2024, à l'adresse <https://tulip.co/fr/ebooks/digital-culture/>

La littératie permettrait-elle une meilleure gestion algorithmique? (2023, mai 2). <https://www.revuegestion.ca/la-litteratie-permettrait-elle-une-meilleure-gestion-algorithmique>

L'accompagnement vers la qualité : Une source d'inspiration pour les entrepreneurs en phase de pré-crédation. (s. d.). <https://doi.org/10.4000/ei.6920>

L'écosystème québécois en intelligence artificielle. (s. d.). Ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie. Consulté 25 avril 2024, à l'adresse <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/le-secteur/technologies-de-linformation-et-des-communications/intelligence-artificielle/lecosysteme-quebecois-en-intelligence-artificielle>

Les fonds de capital-investissement en sept réponses. (s. d.). *Cafa*. Consulté 4 septembre 2025, à l'adresse <https://cafafinance.com/fr/bulletins/les-fonds-de-capital-investissement-en-sept-reponses/>

Les impacts de l'intelligence artificielle sur le travail et l'emploi. (s. d.). Consulté 22 mai 2024, à l'adresse <https://conseilinnovation.quebec/wp-content/uploads/2024/02/T4-DossierThematique-2.pdf>

L'histoire de l'IA - That's AI. (s. d.). Consulté 10 avril 2024, à l'adresse <https://www.thats-ai.org/fr-CH/units/1-histoire-de-l-ia>

L'impératif de l'IA au Canada : Des prédictions à la prospérité. (s. d.). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www2.deloitte.com/content/dam/D>

eloitte/ca/Documents/ca-175/prediction-to-prosperity/ca175-FR-prediction-to-prosperity-AODA.pdf

Long, D., & Magerko, B. (2020). *What Is AI Literacy ? Competencies and Design Considerations*.
<https://doi.org/10.1145/3313831.3376727>

McKenna, A. (2025, novembre 28). Intelligence artificielle : Les entreprises québécoises curieuses, mais prudentes. *La Presse*. <https://www.lapresse.ca/affaires/techno/2025-11-28/intelligence-artificielle/les-entreprises-quebecoises-curieuses-mais-prudentes.php>

McKinsey Global Surveys on the state of AI. (2024). <http://ceros.mckinsey.com/pub-stateofai2025-ex14side-rj>

Metais-Wiersch, E., Autissier, D., & Bailly, M. (2018). Outil 3. La matrice MIT / Capgemini. *BàO La Boîte à Outils*, 14-15.

Mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf. (s. d.). Consulté 19 juin 2024, à l'adresse <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/advanced%20electronics/our%20insights/how%20artificial%20intelligence%20can%20deliver%20real%20value%20to%20companies/mgi-artificial-intelligence-discussion-paper.pdf>

Montréal, centre mondial de l'intelligence artificielle | Investissement Québec. (s. d.). Consulté 1 mai 2024, à l'adresse <https://www.iq.azurewebsites.net/international/fr/secteurs-activite-economique/technologies-information-communications/Montreal-centre-mondial-de-l-intelligence-artificielle.html>

Morana, J., & Gonzalez-Feliu, J. (2010). *Les indicateurs de performance*. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01055895>

Notre approche. (s. d.). *IVADO LABS*. Consulté 16 octobre 2025, à l'adresse <https://ivadolabs.com/fr/notre-approche/>

Nrip, N. K. (2022). *APPLICATIONS AND ROLES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND MACHINE LEARNING IN FOOD INDUSTRY*.
[https://www.researchgate.net/publication/361136650_APPLICATIONS_AND_ROLES_OF_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_AND_MACHINE_LEARNING_IN_FOOD_IND](https://www.researchgate.net/publication/361136650_APPLICATIONS_AND_ROLES_OF_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_AND_MACHINE_LEARNING_IN_FOOD_INDUSTRY)
[USTRY](https://www.researchgate.net/publication/361136650_APPLICATIONS_AND_ROLES_OF_ARTIFICIAL_INTELLIGENCE_AND_MACHINE_LEARNING_IN_FOOD_INDUSTRY)

Num, F. (s. d.). *Stratégie numérique—Francenum.gouv.fr* (Toutes les régions). Direction générale des entreprises. Consulté 22 janvier 2025, à l'adresse <https://www.francenum.gouv.fr/guides-et-conseils/strategie-numerique>

Numeria X: Adopter l'intelligence artificielle au seins des PME du Québec. (s. d.). Numeria X. Consulté 29 août 2025, à l'adresse <https://www.numeria.ai/>

Pitpitt. (s. d.). *Intelligence artificielle forte—DataFranca*. Consulté 25 mars 2024, à l'adresse https://www.datafranca.org/wiki/Intelligence_artificielle_forte

Qu'est-ce que l'IA ? Tout ce qu'il faut savoir sur l'intelligence artificielle. (s. d.). ISO. Consulté 23 avril 2024, à l'adresse <https://www.iso.org/cms/render/live/fr/sites/isoorg/contents/news/insights/AI/what-is-ai-all-you-need-to-know.evergreen.html>

Qu'est-ce que l'intelligence artificielle (IA) ? | Glossaire. (s. d.). Consulté 23 avril 2024, à l'adresse <https://www.hpe.com/ca/fr/what-is/artificial-intelligence.html>

Questionnaire sur l'IA pour les entrepreneur.es. (s. d.). BDC.ca. Consulté 21 janvier 2025, à l'adresse <https://www.bdc.ca/fr/articles-outils/boite-outils-entrepreneur/evaluation-entreprise/notions-base-ia>

Rapport_IA_CIQ. (s. d.). Consulté 27 février 2024, à l'adresse https://conseilinnovation.quebec/wp-content/uploads/2024/02/Rapport_IA_CIQ-1.pdf

Régions administratives. (s. d.). Gouvernement du Québec. Consulté 11 août 2025, à l'adresse <https://www.quebec.ca/gouvernement/portrait-quebec/geographie-territoire/regions-administratives>

Robotique et intelligence artificielle : Le rôle de l'IA dans les robots. (2023, novembre 30). <https://aiexplorer.io/actualites-ia/robotique-et-intelligence-artificielle-le-role-de-lia-dans-les-robots/>

Rogers, E. M. (1983). *Diffusion of innovations* (3rd ed). Free Press ; Collier Macmillan.

Rossmann. (2019). (PDF) Digital Maturity : Conceptualization and Measurement Model. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/345760193_Digital_Maturity_Conceptualization_and_Measurement_Model

Ryseff, J., De Bruhl, B. F., & Newberry, S. J. (2024). *The Root Causes of Failure for Artificial Intelligence Projects and How They Can Succeed : Avoiding the Anti-Patterns of AI*. RAND Corporation. https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA2680-1.html

Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle. (s. d.). Consulté 31 juillet 2025, à l'adresse https://bibliotheque.cecile-rouleau.gouv.qc.ca/documents/archives/pgq/E26A1_A31_O75_2018.pdf

Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle. (s. d.).

Tehrani, A. N., Ray, S., Roy, S. K., Gruner, R. L., & Appio, F. P. (2024). Decoding AI readiness : An in-depth analysis of key dimensions in multinational corporations. *Technovation*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102948>

Touma, C.-A. (2023, mai 1). *Demande de moratoire sur l'intelligence artificielle : Quelles solutions, un mois plus tard ?* CScience : le média des solutionneurs. <https://www.cscience.ca/demande-de-moratoire-sur-lintelligence-artificielle-queelles-solutions-un-mois-plus-tard/>

Venkatesh, V., G. Morris, M., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). *User Acceptance of Information Technology : Toward a Unified View*. <https://doi.org/10.2307/30036540>

Venturini, F., Marioni, L. D. S., & Rincon-Aznar, A. (2024). *Productivity Performance, Distance to Frontier and Ai Innovation : Firm-Level Evidence from Europe* [Preprint]. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4728017>

Wang, B., Rau, P.-L. P., & Yuan, T. (2023). Measuring user competence in using artificial intelligence : Validity and reliability of artificial intelligence literacy scale. *Behaviour & Information Technology*, 42(9), 1324-1337. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2022.2072768>

What is Digital Strategy? (2020, août 3). <https://www.liferay.com/fr/resources/l/digital-strategy>

Zolas, N. (2020). *ADVANCED TECHNOLOGIES ADOPTION AND USE BY U.S. FIRMS: EVIDENCE FROM THE ANNUAL BUSINESS SURVEY*.

ANNEXE A OUTIL DE MESURE : QUESTIONNAIRE

Questionnaire dans sa version française, faisant figurer :

- Les mentions « (Cette question est obligatoire) » au-dessus de la question concernée
- Les conditions en rouge qui régissent les différentes questions

Adoption de l'IA dans les organisations québécoises

(Cette question est obligatoire)

Formulaire d'information et de consentement

Titre de l'activité de recherche : Adoption de l'IA dans les organisations québécoises : facteurs de succès et freins à l'adoption

Équipe de recherche : Projet de recherche sous la direction de Nathalie de MARCELLIS-WARIN,

Coordonnées :

Nathalie de Marcellis-Warin

Professeure titulaire

Polytechnique Montréal – Département de Mathématiques et génie industriel

Numéro de téléphone : XXX XXX XXXX

Adresse courriel: XXX

Collaborateurs :

Thierry Warin

Professeur titulaire

HEC Montréal

XXX

Augustin Lefebvre

Étudiant chercheur à la maîtrise

Polytechnique Montréal – Département de génie industriel

Adresse courriel: XXX

Financement de l'activité de recherche :

La présente activité de recherche est financée par le CIRANO dans le cadre de sa subvention avec le MEIE

Conflits d'intérêts

L'équipe de recherche n'est pas en situation de conflit d'intérêts dans le contexte de la présente activité de recherche.

Préambule

Nous vous invitons à participer à une activité de recherche qui vise à étudier les facteurs de succès et les freins à l'adoption de l'IA dans les organisations québécoises.

Cependant, avant d'accepter de participer à cette activité et de signer le présent formulaire d'information et de consentement, veuillez prendre le temps de lire l'information présentée.

Présentation générale du projet de recherche

Les principaux objectifs de l'étude que nous réalisons sont les suivants :

- identifier les facteurs de succès et les obstacles à l'adoption de l'IA ainsi que les impacts sur les organisations (en étudiant notamment le taux de réussite des projets, leur impact financier pour l'entreprise, le nombre de postes créés) ;

- évaluer l'impact de l'aide apportée par les acteurs qui accompagnent les organisations dans leur adoption de l'IA, en étudiant le gain d'autonomie des entreprises ayant eu recours à leur aide ;

Critères d'inclusion et d'exclusion

Dans le cadre de cette étude, nous souhaitons interroger des profils de PDG, VP, CPO ou CTO. Votre expertise et votre expérience sont essentielles pour nous aider à comprendre le niveau d'intégration de l'IA dans votre structure.

Nature et durée de votre participation à l'activité de recherche

Questionnaire :

Temps estimé : 12 minutes.

Thèmes abordés : situation socio-économique de l'entreprise/maturité numérique/niveau d'implantation de l'IA dans l'entreprise/ impact des institutions publiques et des aides de l'état lors d'un projet en IA.

Les questions posées porteront sur les points suivants :

- Données socio-économiques : nom de l'entreprise, taille, âge secteur, zone d'activité, poste du répondant
- Données sur la maturité numérique de l'entreprise : technologies utilisées, niveau d'intégration des systèmes, culture d'innovation, etc
- Données sur les projets en IA : nombre, le type de technologie implanté, domaine d'application, barrières identifiées, bénéfices obtenus, etc
- Données sur l'accompagnement : l'entreprise a-t-elle bénéficié d'un accompagnement dans ses projets en IA. Si oui, quelle en est la nature, quels en sont les aboutissants, etc.

Inconvénients pouvant découler de votre participation à l'activité de recherche

La participation est strictement volontaire. Les sujets peuvent décider à tout moment de stopper définitivement et entièrement leur participation au questionnaire : les données des questionnaires non complétés ne seront pas utilisées et les informations déjà complétées seront effacées.

Par conséquent, tout participant éprouvant de la gêne ou un problème lors de sa participation à la recherche peut annuler sa participation en quittant le questionnaire.

Avantages pouvant découler de votre participation à l'activité de recherche

Aucun avantage direct n'est envisagé pour les participants.

Le seul avantage qui peut être retiré de cette activité est l'avancement de l'état des connaissances dans le domaine de l'adoption de l'IA et notamment les programmes d'accompagnement pouvant être mis en place par le gouvernement.

Compensation financière

Aucune compensation financière n'est envisagée pour les participants.

Confidentialité et protection de vos données

L'équipe de recherche recueillera et consignera toutes vos données de manière sécuritaire de façon à en protéger le caractère confidentiel.

Nous protégerons vos données lors de la collecte et lors des analyses et du transfert des données :

- Les données recueillies sont anonymes dès la collecte.
- Protection informatique : Les données numériques seront stockées sur des dispositifs cryptés, protégés par des mots de passe complexes. Les sauvegardes régulières seront effectuées sur des supports sécurisés et isolés de tout réseau externe.

Le transfert de données au sein de l'équipe de recherche sera minimisé. Lorsque nécessaire, ce transfert s'effectuera via des canaux sécurisés et cryptés, en veillant à ce que les données soient préalablement anonymisées ou codées.

Lors des publications,

- A l'issue de cette recherche, un mémoire sera publié sur le site internet de Polytechnique Montréal. En plus de ce mémoire, des rapports, basés sur les résultats du mémoire, seront publiés sur le site internet du CIRANO.
- Les données collectées seront utilisées exclusivement aux fins de cette étude et ne seront partagées avec aucun tiers externe à l'équipe de recherche. Les données anonymisées pourront être partagées avec d'autres équipes de recherche.

Après le projet de recherche, vos données seront conservées par l'équipe de recherche pendant 7 ans, après la fin du projet de recherche.

Diffusion des résultats de la recherche

Les résultats de l'étude seront présentés sur le site du CIRANO.

Indemnisation en cas de préjudice et droits des participant(e)s

Si vous deviez subir quelque préjudice que ce soit par suite de votre participation à cette activité de recherche, vous ne renoncez à aucun de vos droits ni ne libérez les chercheurs, l'organisme de financement ou Polytechnique Montréal de leurs responsabilités légales et professionnelles.

Personnes-ressources

Si vous avez des questions sur les aspects scientifiques du projet de recherche ou pour vous retirer de l'étude, vous pouvez contacter la chercheuse responsable du projet Nathalie de Marcellis-Warin au (514) 340-4711, poste 4127 ou par courriel nathalie.demarcellis-warin@polymtl.ca ou Augustin LEFEBVRE au (514) 565-6257 ou encore par courriel à augustin.lefebvre@polymtl.ca.

Pour toute préoccupation sur vos droits ou sur les responsabilités de l'équipe de recherche concernant votre participation à ce projet, vous pouvez contacter le Comité d'éthique de la

recherche de Polytechnique Montréal au (514) 340-4711, poste 4420 ou encore par courriel à ethique@polymtl.ca

Je reconnais avoir lu les conditions et y consentir.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- J'y consens

Données / Processus / Stratégie

Veuillez donner votre degré d'accord avec les questions suivantes :

(Cette question est obligatoire)

G01Q01) Votre entreprise/organisation **collecte** des **données** de manière **automatisée**.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q02) Les données collectées par votre entreprise/organisation sont facilement **exploitables**.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord

- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q03) Les données de votre entreprise/organisation sont **correctement nettoyées**.

(Nettoyer : corriger ou supprimer les données incorrectes, corrompues, mal formatées, dupliquées ou incomplètes d'un ensemble de données.)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q04) Votre entreprise/organisation dispose d'un **volume important de données numériques**.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q05) Votre entreprise/organisation apporte un soin particulier à **sécuriser ses données** (ex. accès, stockage, sauvegarde...).

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord

- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q06) Votre entreprise/organisation dispose d'**infrastructures technologiques adaptés à ses besoins** (ex. réseau d'ordinateurs, serveurs, solution de stockage, solution cloud...).

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q07) Les **logiciels** utilisés dans votre entreprise/organisation sont **adaptés** aux besoins professionnels.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q08) Les **procédés de gestion** de votre entreprise/organisation sont **numérisés**.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q09) Vos différents **procédés de gestion** sont **inter-opérables**.

(Inter-opérable : capacité de matériels, de logiciels ou de protocoles différents à fonctionner ensemble et à partager des informations)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q10) Le **groupe de direction** de votre entreprise/organisation **soutient complètement la transformation numérique** de ses activités.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q11) Les **employés** de votre entreprise/organisation **appuient entièrement** la mise en œuvre et l'utilisation de **nouveaux outils technologiques**.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q12) Le plan stratégique de votre entreprise/organisation comprend une **stratégie numérique**.

***Stratégie numérique :** La stratégie numérique, également appelée stratégie digitale, consiste à identifier et intégrer les outils numériques pertinents pour assurer la compétitivité de l'organisation et soutenir une transformation durable.*

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q13) Votre entreprise/organisation **soutient la prise de risques en matière d'innovation**; acceptant qu'un échec puisse faire partie du processus.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

(Cette question est obligatoire)

G01Q14) Votre **entreprise/organisation** propose à son **personnel** des **communications, formations, évaluation** pour les aider à **s'adapter aux nouvelles technologies**.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord

- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

Rapport à l'IA

Aux fins du sondage, le terme « IA » désigne l'intelligence artificielle.

Voici la **définition** que nous donnerons par la suite de l'**IA** :

L'intelligence artificielle est « un domaine technique et scientifique consacré aux systèmes techniques qui génèrent des sorties telles que du contenu, des prévisions, des recommandations ou des décisions pour un ensemble donné d'objectifs définis par l'homme » [ISO/IEC 22989:2022]

(Cette question est obligatoire)

G02Q3) Selon vous, lesquelles des **technologies** suivantes **reposent sur des méthodes d'IA** ?

Cochez tout ce qui s'applique.

- 001 : Analyse descriptive et analytique
- 002 : Automatisation
- 003 : Systèmes experts
- 004 : Internet des Objets (IoT)
- 005 : Chaîne de bloc (Blockchain)
- 006 : Traitement du langage naturel (Natural language processing)
- 007 : Apprentissage machine
- 008 : Aucune

(Cette question est obligatoire)

G02Q4) Selon vous, lesquelles des **applications** suivantes **utilisent de l'IA** ?

Cochez tout ce qui s'applique.

- SQ001 : Filtres antipourriel
- SQ002 : Termes de recherche prédictifs (c.-à-d. des prédictions de ce que vous recherchez en fonction de termes de recherche populaires, etc.)
- SQ003 : Assistant virtuel (c.-à-d. Siri, Alexa, etc.)
- SQ004 : Assistant virtuel en ligne (c.-à-d. agent conversationnel, etc.)
- SQ005 : Systèmes de recommandation (c.-à-d. achats en ligne, Netflix, etc.)
- SQ006 : Recherche et reconnaissance d'images
- SQ007 : Aucune de ces applications

- SQ008 : Je ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G02Q6) Comment vous **informez-vous** au sujet des avancements de l'**IA** : (Sélectionnez toutes les réponses qui s'appliquent)

Cochez tout ce qui s'applique.

- 001 : Je ne cherche pas à m'informer sur le sujet
- 002 : Grâce à mes études
- 003 : Grâce aux médias et aux réseaux sociaux
- 004 : Sur internet
- 005 : Grâce aux applications d'IA elles-mêmes
- 006 : Grâce à des formations spécialisées sur le sujet
- 007 : De par mon travail
- 008 : Ne sais pas
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G02Q1) Comment évalueriez-vous votre **connaissance générale** de l'**IA** ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- 001 : Très bonne
- 002 : Bonne
- 003 : Moyenne
- 004 : Faible
- 005 : Mauvaise
- 006 : Préfère ne pas répondre
- 007 : Ne sais pas

Projet en IA

Pour la suite des questions, le terme "**Projet en IA**" fait référence à : "*une démarche structurée visant à développer, adopter ou intégrer des technologies d'IA dans un processus, un produit ou un service afin d'en améliorer l'efficacité, de réduire les coûts ou de développer de nouvelles compétences.*"

(Cette question est obligatoire)

G03Q01) **Combien de projets en IA** votre entreprise/organisation a-t-elle **entrepris** ? (Y inclure les projets finalisés et en cours)

Votre réponse doit être comprise entre 0 et 100

Seul un nombre entier peut être inscrit dans ce champ.

Entrez votre réponse ici :

(Cette question est obligatoire)

G03Q02) A **quand** remonte le **premier projet en IA** de votre entreprise/organisation ?

((G03Q01.NAOK > 0))

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- 001 : Moins de 6 mois
- 002 : 6 mois à 1 an
- 003 : 1 à 2 ans
- 004 : 2 à 5 ans
- 005 : Plus de 5 ans
- 006 : Ne sais pas
- 007 : Préfère ne pas répondre

(Cette question est obligatoire)

G03Q03) Comptez-vous **entreprendre** un **projet en IA** au sein votre entreprise/organisation dans un **futur proche** ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- 001 : Dans les semaines à venir
- 002 : Dans le mois à venir
- 003 : Dans l'année à venir
- 004 : Dans les 5 ans
- 005 : Dans les 10 ans
- 006 : Jamais
- 007 : Ne sais pas
- 008 : Préfère ne pas répondre

(Cette question est obligatoire)

G03Q06) Quels sont/seraient les **principaux bénéfices recherchés** par votre organisation en lançant un **projet en intelligence artificielle** ?

(**quatre au maximum**)

Cochez tout ce qui s'applique.

Veuillez sélectionner de 1 à 4 réponses.

- SQ001 : Réduction des coûts
- SQ002 : Augmentation des profits
- SQ003 : Amélioration de l'efficacité des opérations
- SQ004 : Gain de productivité
- SQ005 : Automatisation de tâches
- SQ006 : Développement d'une nouvelle offre ou service
- SQ007 : Accroissement de la compétitivité
- SQ008 : Acquisition ou renforcement de l'expertise interne
- SQ009 : Croissance de l'organisation
- SQ010 : Aucun
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G03Q04) Voici une liste de **freins** ou **barrières** pouvant **impacter le développement, l'adoption, ou le déploiement de l'IA** dans les entreprises.

Veuillez **exprimer**, grâce à l'échelle suivante, leur **importance pour votre organisation**.

	Pas du tout important	Peu important	Neutre	Plutôt important	Très important	Ne sais pas
001 : Le coût d'acquisition de l'IA est trop important						
002 : La rentabilité d'un projet en IA est trop incertaine						

	Pas du tout important	Peu important	Neutre	Plutôt important	Très important	Ne sais pas
003 : Les coûts de maintenance sont trop importants						
004 : Les règles/lois encadrant l'IA sont floues/ sujettes au changement						
005 : Le fonctionnement de l'IA est incompris par le groupe de direction						
006 : Le fonctionnement de l'IA est incompris par les employés						
007 : Les potentiels bénéfiques de l'IA ne sont pas compris par le groupe de direction						
008 : Les potentiels bénéfiques de l'IA ne sont pas compris par les employés						
009 : Les utilisations possibles de l'IA au sein de la structure ne sont pas connues.						
010 : Le niveau d'expertise interne en IA est trop faible						
011 : Le groupe de direction ne soutient pas le développement de l'IA au sein de l'entreprise						

	Pas du tout important	Peu important	Neutre	Plutôt important	Très important	Ne sais pas
012 : Le personnel ne soutient pas le développement de l'IA au sein de l'entreprise						
013 : Nos fournisseurs/partenaires risquent de ne pas apprécier une transition vers de l'IA au sein de notre structure						
014 : Nos clients risquent de ne pas apprécier une transition vers de l'IA au sein de notre structure						
015 : Nous avons du mal à identifier les partenaires ou experts pertinents en matière d'IA.						

G03Q05) Quelles sont les **raisons** pour lesquelles votre **entreprise** ne **souhaite pas** **entreprendre** de **futurs projets en IA** ?

((G03Q03.NAOK == "006"))

Si vous souhaitez ne pas répondre à cette question, inscrire : " Préfère ne pas répondre"

Entrez votre réponse ici :

Description du projet en IA

(G03Q01.NAOK != "0")

G04Q00) NOTE POUR LE REpondant

Pour la suite des questions relatives au projet en IA, veuillez choisir un **unique projet** qui remplisse **si possible** les critères suivants :

- Sur lequel vous avez travaillé ou été en relation
- De plus grande envergure possible
- Pour lequel vous avez eu recours à une aide externe pour sa réalisation

Les questions suivantes feront référence à ce projet en IA.

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : J'ai lu cet énoncé

(Cette question est obligatoire)

G04Q05) Avez-vous été directement impliqué dans ce projet en IA ou collaboré avec les équipes en charge ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Oui, j'ai été directement impliqué dans le projet.
- AO02 : Oui, j'ai collaboré avec les équipes en charge du projet.
- AO03 : Non, je n'ai pas été impliqué ni en contact avec les équipes.
- AO04 : Ne sais pas
- AO05 : Préfère ne pas répondre

G04Q01) Veuillez décrire en quelques lignes le projet en IA que vous avez sélectionné.

(par exemple en décrivant le produit/service incluant désormais de l'IA) (maximum 150 mots)

Entrez votre réponse ici :

(Cette question est obligatoire)

G04Q02) Quel est le niveau d'avancement de ce projet en IA ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Terminé
- AO02 : En cours
- AO03 : Ne sais pas

G04Q03) Dans quel domaine avez-vous déployé ce projet en IA :

(Exemple : relation client, gestion des stocks, recrutement, cybersécurité ...)

Entrez votre réponse ici :

(Cette question est obligatoire)

G04Q04) Combien de personnes ont travaillé sur ce projet en IA?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : 1 personne
- AO02 : 2 à 5 personnes
- AO03 : 6 à 10 personnes
- AO04 : 11 à 20 personnes
- AO05 : Plus de 20 personnes
- AO06 : Ne sais pas
- AO07 : Préfère ne pas répondre

(Cette question est obligatoire)

G04Q06) Sur combien de temps s'étend/ s'est étendu ce projet en IA ?

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Quelques jours
- AO02 : Quelques semaines
- AO03 : Quelques mois
- AO04 : Quelques années
- AO05 : Ne sais pas
- AO06 : Préfère ne pas répondre

(Cette question est obligatoire)

G04Q07) Sur quelle technologie votre projet en IA se base-t-il ?

Cochez tout ce qui s'applique.

- SQ001 : Apprentissage Machine (Machine Learning)
- SQ002 : Apprentissage Profond (Deep Learning)
- SQ003 : IA générative
- SQ004 : Traitement du langage naturel (NLP)
- SQ005 : Système expert
- SQ006 : Technologies de planification et optimisation
- SQ007 : Vision par ordinateur (Computer vision)
- SQ008 : Robotique
- SQ009 : Ne sais pas
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G04Q08) Comment qualifieriez-vous la réussite de ce projet en IA ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- **AO01 : Échec total**

Le projet est un échec cuisant, n'a généré aucun résultat tangible et a engendré des coûts et frustrations importants.

- **AO02 : Résultats insuffisants**

Le projet n'a pas atteint ses objectifs, a révélé des lacunes importantes et a entraîné des coûts imprévus.

- **AO03 : Succès partiel**

Le projet a atteint certains objectifs, mais son impact est limité et des efforts ou ajustements sont encore nécessaires.

- **AO04 : Succès fonctionnel**

Le projet fonctionne bien, est utilisé dans plusieurs processus, génère de la valeur ajoutée et la maintenance est maîtrisée.

- **AO05 : Succès complet**

Le projet est pleinement opérationnel, intégré aux processus, maintenu de manière autonome, et génère des bénéfices significatifs.

- **AO06 : Projet encore en cours**

Le projet est encore en cours, sa réussite ne peut être établie pour l'instant

- **AO07 : Ne sais pas**

(Cette question est obligatoire)

G04Q09) Veuillez donner votre degré d'accord avec l'énoncé suivant :

« A l'issue de ce projet en IA, mon entreprise/organisation compte entreprendre de nouveaux projets en IA. »

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

Prévision du projet en IA

(G03Q01.NAOK == "0") AND (G03Q03.NAOK != "006")

G04Q00Copy) NOTE POUR LE REPONDANT

*Pour la suite des questions relatives au projet en IA, veuillez choisir un **unique projet futur** qui remplisse **si possible** les critères suivants :*

- *Sur lequel vous allez travailler ou être en relation*
- *De plus grande envergure possible*
- *Pour lequel vous aurez recours à une aide externe pour sa réalisation*

Les questions suivantes feront référence à ce projet en IA.

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : J'ai lu cet énoncé

G04Q01Copy) Veuillez décrire en quelques lignes le projet d'IA que votre entreprise compte entreprendre.

(par exemple en décrivant le produit/service qui incluront de l'IA) (maximum 150 mots)

(Cette question est obligatoire)

G04Q03Copy) Dans quel domaine comptez-vous déployer ce projet en IA :

(Exemple : relation client, gestion des stocks, recrutement, cybersécurité ...)

Entrez votre réponse ici :

(Cette question est obligatoire)

G04Q04Copy) Combien de personnes travailleront sur ce projet en IA?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : 1 personne
- AO02 : 2 à 5 personnes
- AO03 : 6 à 10 personnes
- AO04 : 11 à 20 personnes
- AO05 : Plus de 20 personnes

- AO06 : Ne sais pas
- AO07 : Préfère ne pas répondre

(Cette question est obligatoire)

G04Q05Copy) Serez-vous directement impliqué dans ce projet en IA ou collaborerez-vous avec les équipes en charge ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Oui, je serai directement impliqué dans le projet.
- AO02 : Oui, je collaborerai avec les équipes en charge du projet.
- AO03 : Non, je ne serai ni impliqué ni ne collaborerai avec les équipes.
- AO04 : Ne sais pas
- AO05 : Préfère ne pas répondre

(Cette question est obligatoire)

G04Q07Copy) Sur quelle technologie votre projet en IA se basera-t-il ?

Cochez tout ce qui s'applique.

- SQ001 : Apprentissage Machine (Machine Learning)
- SQ002 : Apprentissage Profond (Deep Learning)
- SQ003 : IA générative
- SQ004 : Traitement du langage naturel (NLP)
- SQ005 : Système expert
- SQ006 : Technologies de planification et optimisation
- SQ007 : Vision par ordinateur (Computer vision)
- SQ008 : Robotique
- SQ009 : Ne sais pas
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G04Q09Copy) Veuillez donner votre degré d'accord avec l'énoncé suivant :

« A l'issue de ce futur projet en IA, mon entreprise/organisation compte entreprendre de nouveaux projets en IA. »

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord

- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

Aide à l'adoption

(G03Q01.NAOK != "0")

Ici l'expression projet en IA fait référence au même projet que celui identifié précédemment.

(Cette question est obligatoire)

G05Q01) Avez-vous bénéficié d'un soutien financier pour votre projet en IA ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Oui, des financements publics
- AO02 : Oui, des financements privés
- AO03 : Oui, des financements privés et publics
- AO04 : Non
- AO05 : Ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G05Q02) Avez-vous fait appel à un ou plusieurs appuis externes dans la réalisation de votre projet en IA ?

(Appui externe : assistance technologique ou d'expertise fournie par un ou des acteurs externes à l'entreprise afin d'assurer la réussite du projet.)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Oui
- AO02 : Non
- AO03 : Ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G05Q03) De quelle(s) origine(s) était/étaient cet/ces appui(s) ?

((G05Q02.NAOK == "AO01"))

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Public
- AO02 : Privé
- AO05 : Les deux
- AO04 : Ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G05Q04) Parmi les **appuis privés** suivants, sélectionnez **tous ceux** qui ont été **mobilisés** pour le projet en IA :

((G05Q03.NAOK == "AO02" or G05Q03.NAOK == "AO05"))

Cochez tout ce qui s'applique.

- SQ001 : Accès à des infrastructures privées / service cloud
- SQ002 : Fournisseurs de solution d'IA
- SQ003 : Consultant / service de conseil en TI
- SQ004 : Consultant / service de conseil en IA
- SQ005 : Mentorat privé
- SQ006 : Formation(s) en IA
- SQ007 : Partenariat industriel
- SQ008 : Ne sais pas
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G05Q05) Parmi les **appuis publics** suivants, sélectionnez **tous ceux** qui ont été **mobilisés** lors du projet en IA :

((G05Q03.NAOK == "AO01" or G05Q03.NAOK == "AO05"))

Cochez tout ce qui s'applique.

- SQ009 : Partenariat avec des universités ou des centres de recherche universitaires
- SQ010 : Partenariat avec des centres de recherche
- SQ011 : Accès à des infrastructures publiques
- SQ012 : Incubateurs et accélérateurs publics
- SQ013 : Ne sais pas
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G05Q06) Quelles **formes de soutiens** avez-vous **reçu au total** sur ce projet en IA ?

((G05Q02.NAOK == "AO01"))

Cochez tout ce qui s'applique.

- SQ001 : Soutien technique
- SQ002 : Soutien stratégique
- SQ003 : Soutien réglementaire / juridique
- SQ004 : Formation / montée en compétence
- SQ005 : Mise en réseau / partenariats
- SQ006 : Aucun soutien
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G05Q07) Veuillez exprimer votre accord avec l'énoncé suivant :

« Les appuis externes ont permis de développer suffisamment de compétences pour mener des projets en IA de manière autonome à l'avenir »

((G05Q02.NAOK == "AO01"))

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

G05Q08) Parmi les **appuis** que vous avez **sélectionnés précédemment**, lequel a, selon vous, le **plus contribué** à la **réussite** de ce projet en IA ?

((G05Q02.NAOK == "AO01") and (G05Q03.NAOK != "AO04"))

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- SQ001 : Accès à des infrastructures privées / service cloud
- SQ002 : Fournisseurs de solution d'IA
- SQ003 : Consultant / service de conseil en TI

- SQ004 : Consultant / service de conseil en IA
- SQ005 : Mentorat privé
- SQ006 : Formation(s) en IA
- SQ007 : Partenariat industriel
- SQ008 : Partenariat avec des universités ou des centres de recherche universitaires
- SQ009 : Partenariat avec des centres de recherche
- SQ010 : Accès à des infrastructures publiques
- SQ011 : Incubateurs et accélérateurs publics
- SQ012 : Ne sais pas
- Autre :

Prévision aide à l'adoption

((G03Q01.NAOK == "0") AND (G03Q03.NAOK != "O06")) OR ((G03Q01.NAOK != "0") AND (G05Q02.NAOK == "AO02"))

(Cette question est obligatoire)

G05Q01Copy) Comptez-vous bénéficier d'un soutien financier pour un futur projet en IA ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Oui, des financements publics
- AO02 : Oui, des financements privés
- AO03 : Oui, des financements privés et publics
- AO04 : Non
- AO05 : Ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G05Q02Copy) Comptez-vous faire appel à un ou plusieurs appuis externes pour la réalisation d'un futur projet en IA ?

(Appui externe: assistance technologique ou d'expertise fournie par un ou des acteurs externes à l'entreprise afin d'assurer la réussite du projet.)

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Oui
- AO02 : Non
- AO03 : Ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G05Q03Copy) De quelle(s) origine(s) serait/seraient cet/ces appui(s) ?

((G05Q02Copy.NAOK == "AO01"))

Veillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Public
- AO02 : Privé
- AO03 : Les deux
- AO04 : Ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G05Q04Copy) Parmi les appuis privés suivants, sélectionner tous ceux qui seraient mobilisés pour un projet en IA:

((G05Q03Copy.NAOK == "AO02")) or ((G05Q03Copy.NAOK == "AO03"))

Cochez tout ce qui s'applique.

- SQ002 : Accès à des infrastructures privées / service cloud
- SQ003 : Fournisseurs de solution d'IA
- SQ004 : Consultant / service de conseil en TI
- SQ005 : Consultant / service de conseil en IA
- SQ006 : Mentorat privé
- SQ007 : Formation(s) en IA
- SQ008 : Partenariat industriel
- SQ009 : Ne sais pas
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G05Q05Copy) Parmi les appuis publics suivants, sélectionner tous ceux qui seraient mobilisés pour un projet en IA ?

((G05Q03Copy.NAOK == "AO01" or G05Q03Copy.NAOK == "AO03"))

Cochez tout ce qui s'applique.

- SQ002 : Partenariat avec des universités ou des centres de recherche universitaires
- SQ003 : Partenariat avec des centres de recherche
- SQ004 : Accès à des infrastructures publiques

- SQ005 : Incubateurs et accélérateurs publics
- SQ006 : Ne sais pas
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G05Q06Copy) Quels types de soutien souhaiteriez-vous recevoir de la part de ces appuis externes ?

((G05Q02Copy.NAOK == "AO01"))

Cochez tout ce qui s'applique.

- SQ001 : Soutien technique
- SQ002 : Soutien stratégique
- SQ003 : Soutien réglementaire / juridique
- SQ004 : Formation / montée en compétence
- SQ005 : Mise en réseau / partenariats
- SQ006 : Aucun soutien
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G05Q07Copy) Pensez-vous que l'**aide** apportée par un **appui externe** dans la **réussite d'un projet en IA** est :

((G05Q02Copy.NAOK == "AO01")) OR ((G05Q02Copy.NAOK == "AO03"))

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Pas du tout importante
- A2 : Peu importante
- A3 : Moyennement importante
- A4 : Plutôt importante
- A5 : Très importante
- A6 : Ne sait pas

G05Q010Copy) Parmi les **appuis** que vous avez **sélectionnés précédemment**, lequel a, selon vous, **contribuerait le plus** à la **réussite** de ce projet en IA ?

((G05Q02Copy.NAOK == "AO01")) and (G05Q03Copy.NAOK != "AO04"))

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- SQ001 : Accès à des infrastructures privées / service cloud
- SQ002 : Fournisseurs de solution d'IA
- SQ003 : Consultant / service de conseil en TI
- SQ004 : Consultant / service de conseil en IA
- SQ005 : Mentorat privé
- SQ006 : Formation(s) en IA
- SQ007 : Partenariat industriel
- SQ008 : Partenariat avec des universités ou des centres de recherche universitaires
- SQ009 : Partenariat avec des centres de recherche
- SQ010 : Accès à des infrastructures publiques
- SQ011 : Incubateurs et accélérateurs publics
- SQ012 : Ne sais pas
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G05Q08Copy) Veuillez **exprimer votre accord** avec l'énoncé suivant :

((G05Q02Copy.NAOK == "AO01")) OR ((G05Q02Copy.NAOK == "AO03"))

« L'appui externe est nécessaire pour le développement de compétences, afin de mener des projets en IA de manière autonome à l'avenir »

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- A1 : Tout à fait en désaccord
- A2 : Plutôt en désaccord
- A3 : Ni en accord ni en désaccord
- A4 : Plutôt d'accord
- A5 : Tout à fait d'accord
- A6 : Ne sait pas

Recrutement

(Cette question est obligatoire)

G05Q09) Votre entreprise a-t-elle recruté des travailleurs pour des besoins liés au secteur de l'IA ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Oui
- AO02 : Non
- AO03 : Ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G05Q09Copy) Votre entreprise compte-t-elle recruter des travailleurs pour des besoins liés au secteur de l'IA ?

((G05Q09.NAOK == "AO02"))

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Oui
- AO02 : Non
- AO03 : Ne sais pas

G05Q10) Quels types de postes ou de compétences en lien avec le secteur de l'IA pourraient intéresser votre entreprise ? (Exemple : Ingénieur de données, architecte de solutions, programmeur...)

Entrez votre réponse ici :

G05Q10Copy) Quels types de postes ou de compétences en lien avec le secteur de l'IA pourraient intéresser votre entreprise ? (Exemple : Ingénieur de données, architecte de solutions, programmeur...)

((G05Q09.NAOK != "AO01") and (G05Q09Copy.NAOK != « AO02 »))

Entrez votre réponse ici :

Données socio-économiques

(Cette question est obligatoire)

G06Q01) Exercez-vous votre activité professionnelle dans l'une des régions suivantes du Québec ?

Si oui, veuillez sélectionner la région correspondante. Sinon, cochez « Autre ».

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : 01 Bas-Saint-Laurent
- AO02 : 02 Saguenay–Lac-Saint-Jean

- AO03 : 03 Capitale Nationale (Québec)
- AO04 : 04 Mauricie
- AO05 : 05 Estrie
- AO17 : 06 Montréal
- AO06 : 07 Outaouais
- AO07 : 08 Abitibi-Témiscamingue
- AO08 : 09 Côte-Nord
- AO09 : 10 Nord du Québec
- AO10 : 11 Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine
- AO11 : 12 Chaudière-Appalaches
- AO12 : 13 Laval
- AO13 : 14 Lanaudière
- AO14 : 15 Laurentides
- AO15 : 16 Montérégie
- AO16 : 17 Centre-du-Québec
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G06Q02) Combien votre entreprise ou organisation compte-t-elle d'employés ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : 0-10 employés
- AO02 : 11-20 employés
- AO03 : 21-49 employés
- AO04 : 50-99 employés
- AO05 : 100-249 employés
- AO06 : 250-499 employés
- AO07 : 500 employés et plus
- AO08 : Ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G06Q03) Quel âge a votre entreprise ou organisation ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Moins de 1 an

- AO02 : 1 à 5 ans
- AO03 : 6 à 10 ans
- AO04 : 11 à 20 ans
- AO05 : 21 à 50 ans
- AO06 : Plus de 50 ans
- AO07 : Ne sais pas

(Cette question est obligatoire)

G06Q04) Dans quel PRINCIPAL secteur d'activité évolue votre entreprise ou organisation ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO01 : Agriculture, foresterie, pêche et chasse
- AO02 : Extraction minière, exploitation en carrière, et extraction de pétrole et de gaz
- AO03 : Services publics
- AO04 : Construction
- AO05 : Fabrication
- AO06 : Commerce de gros
- AO07 : Commerce de détail
- AO08 : Transport et entreposage
- AO10 : Industrie de l'information et industrie culturelle
- AO09 : Finance et assurances
- AO12 : Services immobiliers et services de location et de location à bail
- AO13 : Services professionnels, scientifiques et techniques
- AO14 : Gestion de sociétés et d'entreprises
- AO15 : Services administratifs, services de soutien, services de gestion des déchets et services d'assainissement
- AO16 : Services d'enseignement
- AO17 : Soins de santé et assistance sociale
- AO18 : Arts, spectacles et loisirs
- AO19 : Services d'hébergement et de restauration
- AO20 : Autres services (sauf les administrations publiques)
- AO21 : Administrations publiques
- AO23 : Ne sais pas
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G06Q05) Quel chiffre d'affaires (en dollars canadien) a généré votre entreprise ou organisation en 2023 ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO02 : Aucun
- AO03 : Moins de 100 000 \$ par an
- AO04 : 100 000 \$ à 499 999 \$ par an
- AO05 : 500 000 \$ à 999 999 \$ par an
- AO06 : 1 million \$ à 4,9 millions \$ par an
- AO07 : 5 millions \$ à 9,9 millions \$ par an
- AO08 : 10 millions \$ à 49,9 millions \$ par an
- AO09 : 50 millions \$ et plus par an
- AO10 : Préfère ne pas répondre
- AO11 : Ne sais pas

Données concernant le répondant

(Cette question est obligatoire)

G07Q01) Quel est votre genre ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO02 : Homme
- AO03 : Femme
- AO04 : Non-binaire
- AO05 : Préfère ne pas répondre
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G07Q02) Dans quelle tranche d'âge vous situez-vous ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO02 : Moins de 25 ans
- AO03 : 25-34 ans
- AO04 : 35-44 ans

- AO05 : 45-54 ans
- AO06 : 55-64 ans
- AO07 : 65 ans et plus
- AO08 : Préfère ne pas répondre

(Cette question est obligatoire)

G07Q03) Parmi les rôles suivants, veuillez sélectionner le titre le plus similaire à votre rôle actuel ou à votre rôle le plus récent :

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO02 : Directeur général (DG) ou Président-directeur général (PDG) (CEO)
- AO06 : Vice Président (VP)
- AO03 : Directeur des opérations (COO)
- AO04 : Directeur de la technologie (CTO)
- AO05 : Préfère ne pas répondre
- Autre :

(Cette question est obligatoire)

G07Q04) Depuis combien de temps travaillez-vous dans cette entreprise ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO02 : Moins de 6 mois
- AO03 : Entre 6 mois et 1 an
- AO04 : 1 à 3 ans
- AO05 : 4 à 7 ans
- AO06 : Plus de 7 ans
- AO07 : Préfère ne pas répondre

(Cette question est obligatoire)

G07Q05) Quel est votre niveau de formation le plus élevé ?

Veuillez sélectionner une réponse ci-dessous.

- AO02 : Aucun diplôme
- AO03 : Diplôme d'études secondaires (DES ou équivalent)
- AO04 : Diplôme d'études professionnelles (DEP)
- AO05 : Diplôme d'études collégiales (DEC technique ou préuniversitaire)

- AO06 : Baccalauréat (ou équivalent)
- AO07 : Maîtrise
- AO08 : Doctorat
- AO09 : Préfère ne pas répondre
- Autre :

ANNEXE B MESSAGE DE CONTACT POUR ENTREVUES

Version Française

Objet : Invitation à une entrevue de recherche sur l'adoption de l'IA au Québec

Bonjour,

Dans le cadre d'un projet de recherche du CIRANO sur l'adoption de l'intelligence artificielle (IA) dans les entreprises québécoises sous la supervision de Nathalie de Marcellis-Warin, chercheuse et Fellow du CIRANO et professeure à Polytechnique Montréal, nous souhaiterions vous rencontrer pour une entrevue d'une durée maximale de 30 minutes.

L'objectif est de discuter des structures d'accompagnement, des freins à l'adoption de l'IA et des leviers favorisant sa réussite.

L'entrevue se déroulera en visioconférence (Zoom). Afin de planifier la rencontre, nous vous invitons à indiquer vos disponibilités dans le calendrier Doodle ci-dessous. Le lien de connexion Zoom vous sera transmis une fois votre plage horaire confirmée.

Lien Doodle: <https://liendoodle>

Ce projet a été approuvé par le Comité d'éthique de la recherche de Polytechnique Montréal. Les participants pourront consulter le certificat d'éthique avant l'entretien. Un soin particulier est apporté au respect de la confidentialité des répondants.

Bien cordialement,

Augustin Lefebvre

Étudiant à la maîtrise recherche à Polytechnique Montréal et au CIRANO

Numéro : XXX XXX XXXX

Mail : augustin.lefebvreXXXX

ANNEXE C MESSAGE DE CONTACT POUR SONDAGE

----- Version Française -----

ENQUETE SUR L'ADOPTION DE L'IA ET LES STRUCTURES D'ACCOMPAGNEMENT AU QUÉBEC

Bonjour,

Je me permets de vous contacter dans le cadre d'un projet de recherche mené par le CIRANO portant sur l'adoption de l'IA dans les organisations québécoises — en particulier sur les facteurs de succès, les freins rencontrés, et le rôle des structures d'accompagnement.

Je vous transmets ci-dessous le lien pour répondre à un questionnaire d'une dizaine de minutes (disponible en français ou en anglais), destiné aux personnes occupant un poste de direction (direction générale, direction des opérations, direction technologique, etc.) au sein de votre organisation.

<https://lienquestionnaire>

Nous offrons aussi la possibilité aux personnes contactées de s'entretenir avec l'équipe de recherche lors d'entrevues semi-dirigées, pour une durée de 30 minutes. Si vous préférez une entrevue merci de nous l'indiquer.

Si vous pensez qu'une autre personne de votre organisation pourrait y répondre merci de lui transférer ce message.

Un grand merci pour votre support.

Bien cordialement,

Augustin Lefebvre

Étudiant à la maîtrise recherche à Polytechnique Montréal et au CIRANO

Numéro : XXX XXX XXXX Mail : augustin.lefebvreXXXX

Note : Ce projet a été approuvé par le comité d'éthique de la recherche de Polytechnique Montréal.

ANNEXE D EXPORTATION DES RÉSULTATS

Les données sont exportées depuis Limesurvey en un fichier CSV stocké en local, exploitable sur R studio. Les détails de l'exportation sont présentés ici.

Format

Format d'exportation :

☒ CSV
☐ Microsoft Excel
☐ PDF

☐ HTML
☐ JSON
☐ Microsoft Word

☐ STATA (.xml)
☐ R (fichier de syntaxe)
☐ R (fichier de données)

☐ SPSS (.sav)

Séparateur des champs CSV :

Virgule

Général

État d'achèvement :

Toutes les réponses

Langue de l'exportation :

Français

Limites

De :

1

à :

5

Réponses

Exporter les réponses en tant que :

Codes de réponses
Réponses complètes

☐ Convertir Y en :

1

☐ Convertir N en :

2

☒ Mettre en guillemets lors des exports au format CSV

Figure D.1 Paramètres d'exportation du sondage (1/2)

En-têtes

Exporter les questions en tant que :

Code de la question	Texte abrégé de la question	Texte complet de la question	Code de question & texte de la question
----------------------------	-----------------------------	------------------------------	---

Supprimer le code HTML :

Oui Non

Remplacer les espaces du texte des questions par des underscore (_):

Oui **Non**

Texte abrégé :

Oui **Non**

Utiliser la formule ExpressionScript :

Oui **Non**

Nombre de caractères :

15

Séparateur de code/texte :

.

Colonnes

Sélectionner les colonnes :

- id - ID de la réponse
- submitdate - Date de soumission
- lastpage - Dernière page
- startlanguage - Langue de départ
- seed - Tête de série
- startdate - Date de lancement
- datestamp - Date de la dernière action
- G00 - Formulaire d'infor... et y consentir.
- G01Q01 - Votre entreprise/organis...ère automatisée.
- G01Q02 - Les données collectées p...nt exploitables.
- G01Q03 - Les données de votre ent...ble de données.)
- G01Q04 - Votre entreprise/orga...nées numériques.
- G01Q05 - Votre entreprise/organis...e, sauvegarde...).
- G01Q06 - Votre entreprise/organis...olution cloud...).
- G01Q07 - Les logiciels utilisés d..., professionnels.
- G01Q08 - Les procédés de gestion ... sont numérisés.
- G01Q09 - Vos différents procédés ...es informations)
- G01Q10 - Le groupe de direction d...e ses activités.
- G01Q11 - Les employés de votre en... technologiques.
- G01Q12 - Le plan stratégique de v...rmation durable.
- G01Q13 - Votre entreprise/organis... du processus

274 sur 274 colonnes sélectionnées

Figure D.2 Paramètres d'exportation du sondage (2/2)

ANNEXE E PLAN DE TRAITEMENT DES DONNÉES

Dans cette partie sont documentées les étapes du traitement des données des réponses au questionnaire.

La documentation est essentielle afin de minimiser le risque d'erreurs de traitement (Groves et al., 2011).

1) Transformation des variables

Les variables initiales sont conservées à leur état brut, et les études statistiques sont menées sur des variables recodées. Les variables, initialement intitulées selon les numéros de question, sont renommées pour porter les noms présentés ci-dessous. Les transformations sur les échelles ont été documentées afin de faciliter l'analyse de celles-ci.

Tableau E. 2 Transformation des variables

Nom de la variable recodée	Question	Nature initiale de la variable	Nature de la variable après recodage
Maturité numérique			
MN_01	G01Q01	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Tout à fait en désaccord R2 : Plutôt en désaccord R3 : Ni en accord ni en désaccord R4 : Plutôt d'accord R5 : Tout à fait d'accord	<u>Échelle semi-continue</u> : R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 (À justifier selon la répartition)

Tableau E. 3 Transformation des variables (suite)

MN_02	G01Q02	idem	idem
MN_03	G01Q03	idem	idem
MN_04	G01Q04	idem	idem
MN_05	G01Q05	idem	idem
MN_06	G01Q06	idem	idem
MN_07	G01Q07	idem	idem
MN_08	G01Q08	idem	idem
MN_09	G01Q09	idem	idem
MN_10	G01Q10	idem	idem
MN_11	G01Q11	idem	idem
MN_12	G01Q12	idem	idem
MN_13	G01Q13	idem	idem
MN_14	G01Q14	idem	idem

Tableau E. 4 Transformation des variables (suite)

Littératie en IA			
LittIA_1	G02Q3	<u>Échelle nominale</u> R1 : Analyse descriptive et analytique R2 : Automatisation R3 : Systèmes experts R4 : IoT (Internet des Objets) R5 : Blockchain (chaîne de blocs) R6 : Natural language processing (Traitement du langage naturel) R7 : Apprentissage machine R8 : Aucune	Score pondéré en fonction des erreurs R1 : -1 R2 : 0 R3 : +1 R4 : -1 R5 : -1 R6 : +1 R7 : +1 R8 : 0 Le calcul du score par somme des points associés aux questions sélectionnées donne une variable semi-continue qui s'étend de -3 à +3. La variable <i>LittIA_1_score</i> est centrée de 0 à +6.
LittIA_2	G02Q4	<u>Échelle nominale</u> R1 : Filtres antipourriel R2 : Termes de recherche prédictifs R3 : Assistant virtuel (Siri, Alexa)	<u>Score pondéré</u> R1 : +1 R2 : +1 R3 : +1

Tableau E. 5 Transformation des variables (suite)

LittIA_2	G02Q4	R4 : Assistant virtuel en ligne (chatbot) R5 : Systèmes de recommandation (Netflix, Amazon) R6 : Recherche et reconnaissance d'images R7 : Aucune de ces applications R8 : Je ne sais pas	R4 : +1 R5 : +1 R6 : +1 R7 : 0 R8 : 0
LittIA_3	G02Q6	<u>Échelle nominale</u> R1 : Je ne cherche pas à m'informer sur le sujet R2 : Grâce à mes études R3 : Grâce aux médias et aux réseaux sociaux R4 : Sur internet R5 : Grâce aux applications d'IA elles-mêmes R6 : Grâce à des formations spécialisées sur le sujet R7 : De par mon travail R8 : Ne sais pas R9 : Autre :	Score pondéré R1 : -1 R2 : +1 R3 : +1 R4 : 1 R5 : +1 R6 : +2 R7 : +1 R8 : 0 R9 : 0 Le calcul du score par somme des points associés aux questions sélectionnées donne une variable semi-continue qui s'étend de -1 à +7. La variable <i>LittIA_3_score</i> est centrée de 0 à +8.

Tableau E. 6 Transformation des variables (suite)

LittIA_4	G02Q1	<u>Échelle ordinale</u>	<u>Échelle d'intervalle</u>
		R1 : Très bonne	R1 : 5
		R2 : Bonne	R2 : 4
		R3 : Moyenne	R3 : 3
		R4 : Faible	R4 : 2
		R5 : Mauvaise	R5 : 1
		R6 : Préfère ne pas répondre	R6 : NA
		R7 : Ne sais pas	R7 : NA
(À justifier selon la répartition)			
Projet en IA			
Nb_proj	G03Q01	<u>Échelle de ratio</u> Valeurs numériques continues de 0 à 100	Pas de transformation
Premier_proj	G03Q02	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Moins de 6 mois R2 : 6 mois à 1 an R3 : 1 à 2 ans R4 : 2 à 5 ans R5 : Plus de 5 ans R6 : Ne sais pas R7 : Préfère ne pas répondre	<u>Échelle ordinale</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA R7 : NA
Futur_proj	G03Q03	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Dans les semaines à venir R2 : Dans le mois à venir	<u>Échelle ordinale</u> R1 : 1 R2 : 2

Tableau E. 7 Transformation des variables (suite)

Futur_proj	G03Q03	R1 : Dans les semaines à venir R2 : Dans le mois à venir R3 : Dans l'année à venir R4 : Dans les 5 ans R5 : Dans les 10 ans R6 : Jamais R7 : Ne sais pas R8 : Préfère ne pas répondre	R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : 6 R7 : NA R8 : NA
Freins_IA_(i))	G03Q04	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Pas du tout important R2 : Peu important R3 : Neutre R4 : Plutôt important R5 : Très important R6 : Ne sais pas	<u>Échelle d'intervalle</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA (À justifier selon la répartition)
No_proj	G03Q05	Question ouverte	Transformation non traitée dans ce sujet
Benef_IA(i)	G03Q06	<u>Échelle nominale</u>	Liste avec les bénéfices sélectionnés
Description du projet en IA			
Note_rep_proj	G04Q00	-	-

Tableau E. 8 Transformation des variables (suite)

Descri_proj	G04Q01	Question ouverte	Transformation non traitée dans ce sujet
Avancement_proj	G04Q02	<u>Échelle nominale</u> R1 : Terminé R2 : En cours R3 : Ne sais pas	<u>Échelle binaire</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : NA
Domaine_proj	G04Q03	Question ouverte	Transformation non traitée dans ce sujet
Effectif_proj	G04Q04	<u>Échelle ordinale</u> R1 : 1 personne R2 : 2 à 5 personnes R3 : 6 à 10 personnes R4 : 11 à 20 personnes R5 : Plus de 20 personnes R6 : Ne sais pas R7 : Préfère ne pas répondre	<u>Échelle ordinale</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA R7 : NA
Implication_proj	G04Q05	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Oui, j'ai été directement impliqué dans le projet. R2 : Oui, j'ai collaboré avec les équipes en charge du projet. R3 : Non, je n'ai pas été impliqué ni en contact avec les équipes. R4 : Ne sais pas R5 : Préfère ne pas répondre	<u>Échelle ordinale</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : NA R5 : NA

Tableau E. 9 Transformation des variables (suite)

Duree_proj	G04Q06	<u>Échelle ordinale</u>	<u>Échelle ordinale</u>
		R1 : Quelques jours	R1 : 1
		R2 : Quelques semaines	R2 : 2
		R3 : Quelques mois	R3 : 3
		R4 : Quelques années	R4 : 4
		R5 : Ne sais pas	R5 : NA
		R6 : Préfère ne pas répondre	R6 : NA
Techno_proj	G04Q07	<u>Échelle nominale</u>	<u>Échelle nominale</u>
		R1 : Apprentissage Machine (Machine Learning)	
		R2 : Apprentissage Profond (Deep Learning)	R1 : 1
		R3 : IA générative	R2 : 2
		R4 : Traitement du langage naturel (NLP)	R3 : 3
		R5 : Système expert	R4 : 4
		R6 : Technologies de planification et optimisation	R5 : 5
		R7 : Robotique	R6 : 6
		R8 : Vision par ordinateur (Computer vision)	R7 : 7
		R9 : Ne sais pas	R8 : 8
		R10 : Autre :	R9 : NA
			R10 : 9

Tableau E. 10 Transformation des variables (suite)

Succes_proj	G04Q08	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Échec total R2 : Résultats insuffisants R3 : Succès partiel R4 : Succès opérationnel R5 : Succès complet R6 : Projet encore en cours R6 : Ne sais pas	<u>Échelle d'intervalle</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA R6 : NA (À justifier selon la répartition)
Nouveaux_p roj	G04Q09	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Tout à fait en désaccord R2 : Plutôt en désaccord R3 : Ni en accord ni en désaccord R4 : Plutôt d'accord R5 : Tout à fait d'accord R6 : Ne sais pas	<u>Échelle d'intervalle</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA (À justifier selon la répartition)
Prévision du projet en IA			
Note_rep_ pr ev	G04Q00 Copy	-	-
Descri_Fproj	G04Q01 Copy	Question ouverte	Transformation non traitée dans ce sujet

Tableau E. 11 Transformation des variables (suite)

Domaine_Fproj	G04Q03 Copy	Question ouverte	Transformation non traitée dans ce sujet
Effectif_Fproj	G04Q04 Copy	<u>Échelle ordinale</u> R1 : 1 personne R2 : 2 à 5 personnes R3 : 6 à 10 personnes R4 : 11 à 20 personnes R5 : Plus de 20 personnes R6 : Ne sais pas R7 : Préfère ne pas répondre	<u>Échelle ordinale</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA R7 : NA
Implication_Fproj	G04Q05 Copy	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Oui, je serai directement impliqué dans le projet. R2 : Oui, je collaborerai avec les équipes en charge du projet. R3 : Non, je ne serai ni impliqué ni ne collaborerai avec les équipes. R4 : Ne sais pas R5 : Préfère ne pas répondre	<u>Échelle ordinale</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : NA R5 : NA
Techno_Fproj	G04Q07 Copy	<u>Échelle nominale</u> R1 : Apprentissage Machine (Machine Learning) R2 : Apprentissage Profond (Deep Learning) R3 : IA générative R4 : Traitement du langage naturel (NLP) R5 : Système expert	<u>Échelle nominale</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : 6 R7 : 7

Tableau E. 12 Transformation des variables (suite)

		R6 : Technologies de planification et optimisation R7 : Robotique R8 : Vision par ordinateur (Computer vision) R9 : Ne sais pas R10 : Autre :	R8 : 8 R9 : NA R10 : 9
Nouveaux_F proj	G04Q09 Copy	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Tout à fait en désaccord R2 : Plutôt en désaccord R3 : Ni en accord ni en désaccord R4 : Plutôt d'accord R5 : Tout à fait d'accord R6 : Ne sais pas	<u>Échelle d'intervalle</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA (À justifier selon la répartition)
Accompagnement			
Financier_ap pui	G05Q01	<u>Échelle nominale</u> R1 : Oui, des financements publics R2: Oui, des financements privés R3 : Oui, des financements privés et publics R4 : Non R5 : Ne sais pas	<u>Échelle nominale</u> R1 : 1 R2: 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5

Tableau E. 13 Transformation des variables (suite)

Appui	G05Q02	<u>Échelle nominale</u> R1 : Oui R2 : Non R3 : Ne sais pas	<u>Échelle nominale</u> R1 : 1 R2 : 0 R3 : 0
Nature_appu i	G05Q03	<u>Échelle nominale</u> R1 : Public R2 : Privé R3 : Les deux R4 : Ne sais pas	<u>Échelle nominale</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : NA
Nature_appu i_privé	G05Q04	<u>Échelle nominale</u> R1: Accès à des infrastructures privées / service cloud R2: Fournisseurs de solution d'IA R3 : Consultant / service de conseil en TI R4 : Consultant / service de conseil en IA R5 : Mentorat privé R6 : Formation(s) en IA R7 : Partenariat industriel R8 : Ne sais pas R9 : Autre :	Liste qui contient les numéros des appuis
Nature_appu i_public	G05Q05	<u>Échelle nominale</u> R1 : Partenariat avec des universités ou des centres de recherche universitaires	Liste qui contient les numéros des appuis

Tableau E. 14 Transformation des variables (suite)

		R2 : Partenariat avec des centres de recherche R3 : Accès à des infrastructures publiques R4 : Incubateurs et accélérateurs publics R5 : Ne sais pas R6 : Autre :	
Aide_appuis _(i)	G05Q06	<u>Échelle nominale</u> R1 : Soutien technique R2 : Soutien stratégique R3 : Soutien réglementaire / juridique R4 : Formation / montée en compétence R5 : Mise en réseau / partenariats R6 : Aucun soutien R7 : Autre :	Liste qui contient les numéros des soutiens reçus
Transfert_comp_appui	G05Q07	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Tout à fait en désaccord R2 : Plutôt en désaccord R3 : Ni en accord ni en désaccord R4 : Plutôt d'accord R5 : Tout à fait d'accord R6 : Ne sais pas	<u>Échelle d'intervalle</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA (À justifier selon la répartition)

Tableau E. 15 Transformation des variables (suite)

Meilleur_appui	G05Q08	Pas encore traité	Pas encore traité
Prévision Accompagnement			
Financier_Fa ppui	G05Q01 Copy	<u>Échelle nominale</u> R1 : Oui, des financements publics R2: Oui, des financements privés R3 : Oui, des financements privés et publics R4 : Non R5 : Ne sais pas	<u>Échelle nominale</u> R1 : 1 R2: 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5
FAppui	G05Q02 Copy	<u>Échelle nominale</u> R1 : Oui R2 : Non R3 : Ne sais pas	<u>Échelle nominale</u> R1 : 1 R2 : 0 R3 : 0
Nature_Fapp ui	G05Q03 Copy	<u>Échelle nominale</u> R1 : Public R2 : Privé R3 : Les deux R4 : Ne sais pas	<u>Échelle nominale</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : NA
Nature_Fapp ui_privé	G05Q04 Copy	<u>Échelle nominale</u> R1: Accès à des infrastructures privées / service cloud R2: Fournisseurs de solution d'IA R3 : Consultant / service de conseil en TI R4 : Consultant / service de conseil en IA	Liste qui contient les numéros des appuis

Tableau E. 16 Transformation des variables (suite)

		R5 : Mentorat privé R6 : Formation(s) en IA R7 : Partenariat industriel R8 : Ne sais pas R9 : Autre :	
Nature_Fappui_public	G05Q05 Copy	<u>Échelle nominale</u> R1 : Partenariat avec des universités ou des centres de recherche universitaires R2 : Partenariat avec des centres de recherche R3 : Accès à des infrastructures publiques R4 : Incubateurs et accélérateurs publics R5 : Ne sais pas R6 : Autre :	Liste qui contient les numéros des appuis
Aide_Fappuis	G05Q06 Copy	<u>Échelle nominale</u> R1 : Soutien technique R2 : Soutien stratégique R3 : Soutien réglementaire / juridique R4 : Formation / montée en compétence R5 : Mise en réseau / partenariats R6 : Aucun soutien R7 : Autre :	Liste qui contient les numéros des soutiens reçus
Utilité_Fappui	G05Q07 Copy	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Pas du tout importante R2 : Peu importante R3 : Moyennement importante R4 : Plutôt importante	<u>Échelle d'intervalle</u> R1 : 1 R2 : 2

Tableau E. 17 Transformation des variables (suite)

		R5 : Très importante R6 : Ne sait pas	R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA (À justifier selon la répartition)
Transfert_comp_Fappui	G05Q08 Copy	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Tout à fait en désaccord R2 : Plutôt en désaccord R3 : Ni en accord ni en désaccord R4 : Plutôt d'accord R5 : Tout à fait d'accord R6 : Ne sais pas	<u>Échelle d'intervalle</u> R1 : 1 R2 : 2 R3 : 3 R4 : 4 R5 : 5 R6 : NA (À justifier selon la répartition)
Meilleur_Fappui	G05Q01 0Copy	Pas encore traité	Pas encore traité
Recrutement			
Recrut_IA	G05Q09	<u>Échelle nominale</u> R1 : Oui R2 : Non R3 : Ne sais pas	<u>Échelle binaire</u> R1 : Oui R2 : Non R3 : Non Ou enlever les répondants qui ont répondu R3 s'ils représentent une faible proportion

Tableau E. 18 Transformation des variables (suite)

FRecrut_IA	G05Q09 Copy	<u>Échelle nominale</u>	<u>Échelle binaire</u>
		R1 : Oui R2 : Non R3 : Ne sais pas	R1 : Oui R2 : Non R3 : Non Ou enlever les répondants qui ont répondu R3 s'ils représentent une faible proportion
Post_IA	G05Q10	Question ouverte	Non traité
FPost_IA	G05Q10 copy	Question ouverte	Non traité
Données socio-économiques			
RegionE	G06Q01	<u>Échelle nominale</u>	<u>Échelle nominale</u>
Nb_employE	G06Q02	<u>Échelle ordinale</u>	<u>Échelle ordinale</u>
		R1 :0-10 employés	R1 :1
		R2 :11-20 employés	R2 :2
		R3 :21-49 employés	R3 :3
		R4 :50-99 employés	R4 :4
		R5 :100-249 employés	R5 :5
		R6 :250-499 employés	R6 :6
		R7 :500 employés et plus	R7 :7
		R8 : Ne sais pas	R8 : NA

Tableau E. 19 Transformation des variables (suite)

		<u>Échelle ordinale</u>	<u>Échelle semi-continue</u>
AgeE	G06Q03	R1 : Moins de 1 an R2 : 1 à 5 ans R3 : 6 à 10 ans R4 : 11 à 20 ans R5 : 21 à 50 ans R6 : Plus de 50 ans R7 : Ne sais pas	R1 : 0,5 R2 : 3 R3 : 8 R4 : 15 R5 : 35 R6 : 50 R7 : NA
SecteurE	G06Q04	<u>Échelle nominale</u>	<u>Échelle nominale</u>
CAE	G06Q05	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Aucun R2 : Moins de 100 000 \$ par an R3 : 100 000 \$ à 499 999 \$ par an R4 : 500 000 \$ à 999 999 \$ par an R5 : 1 million \$ à 4,9 millions \$ par an R6 : 5 millions \$ à 9,9 millions \$ par an R7 : 10 millions \$ à 49,9 millions \$ par an R8 : 50 millions \$ et plus par an R9 : Préfère ne pas répondre R10 : Ne sais pas	<u>Échelle semi-continue</u> R1 : 0 R2 : 50 000 R3 : 300 000 R4 : 750 000 R5 : 2,5 millions R6 : 7,5 millions R7 : 30 millions R8 : 50 millions R9 : NA R10 : NA

Tableau E. 20 Transformation des variables (suite)

Répondant			
GenreR	G07Q01	<u>Échelle nominale</u>	<u>Échelle nominale</u>
		R1 : Homme	R1 : 1
		R2 : Femme	R2: 2
		R3 : Non-binaire	R3: 3
		R4 : Préfère ne pas répondre	R4: NA
		R5 : Autre	R5 : 3
AgeR	G07Q02	<u>Échelle ordinale</u>	<u>Échelle semi-continue</u>
		R1 : Moins de 25 ans	R1 : 21
		R2 : 25-34 ans	R2 : 29,5
		R3 : 35-44 ans	R3 : 39,5
		R4 : 45-54 ans	R4 : 49,5
		R5 : 55-64 ans	R5 : 59,5
		R6 : 65 ans et plus	R6 : 70
		R7 : Préfère ne pas répondre	R7 : NA
PostR	G07Q03	<u>Échelle nominale</u>	<u>Échelle nominale</u>
		R1 : Directeur général (DG) ou Président-directeur général (PDG)	R1 : 1
		R2 : Vice-Président (VP)	R2 : 2
		R3 : Directeur des opérations (COO)	R3 : 3
		R4 : Directeur de la technologie (CTO)	R4 : 4
		R5 : Préfère ne pas répondre	R5 : NA
		R6 : Autre	R6: 5

Tableau E. 21 Transformation des variables (suite et fin)

		<u>Échelle ordinale</u>	<u>Échelle semi-continue</u>
AncienneteR	G07Q04	R1 : Moins de 6 mois R2 : Entre 6 mois et 1 an R3 : 1 à 3 ans R4 : 4 à 7 ans R5 : Plus de 7 ans R6 : Préfère ne pas répondre	R1 : 3 R2 : 9 R3 : 24 R4 : 54 R5 : 90 R6 : NA
EtudeR	G07Q05	<u>Échelle ordinale</u> R1 : Aucun diplôme R2 : Diplôme d'études secondaires (DES ou équivalent) R3 : Diplôme d'études professionnelles (DEP) R4 : Diplôme d'études collégiales (DEC technique ou préuniversitaire) R5 : Baccalauréat (ou équivalent) R6 : Maîtrise R7 : Doctorat R8 : Préfère ne pas répondre R9 : Autre	<u>Échelle ordinale</u> R1 : 0 R2 : 1 R3 : 2 R4 : 3 R5 : 4 R6 : 5 R7 : 6 R8 : NA R9 : 7

2) Création de variables de groupe

Des variables synthétiques peuvent alors être transformées pour faciliter l'exploitation des résultats. Parmi les transformations réalisées se retrouvent notamment des conversions d'échelles

(échelle de Likert → échelle semi-continue), des jointures entre deux variables (notamment pour les variables dont la modalité « Autre » est possible, et dont la réponse est stockée dans une variable portant le suffixe « .other »), et des créations de nouvelles variables. Parmi les variables créées y figurent notamment la variable GroupeIA. Cette variable catégorique attribuée à chaque répondant permet de le classer dans l'un des trois groupes suivants :

- G1 : "Projet mené" : les répondants qui ont annoncé que leur entreprise a déjà entrepris un projet en IA (condition : Nb_proj > 0)
- G2 : "Projet prévu" : les répondants qui ont annoncé que leur entreprise n'a pas encore entrepris un projet en IA (condition : Nb_proj = 0) mais compte en mener un (condition : Future_proj ≠ Jamais).
- G3 : "Aucun projet" : les répondants qui ont annoncé que leur entreprise n'a pas mené de projet en IA (condition : Nb_proj = 0) et ne compte pas en entreprendre et (condition : Future_proj = Jamais).

Une variable catégorique Taille_entreprise a aussi été créée. Elle contient les catégories PME (pour les entreprises de 0 à 249 employés) et Grande entreprise (de 250 à 500 employés et plus.)

Les parties du code de l'analyse associés à ces recodages se trouvent en Annexe F.

3) Création de variables synthétiques de score

Afin d'étudier plus simplement l'influence de la maturité numérique de l'entreprise et le niveau de littératie en IA du répondant sur les autres variables, des scores synthétiques de ces variables vont être construits à partir de différents indicateurs.

Le score de littératie en IA, nommé Score_LittIA est calculé comme tel :

$$Score_{LittIA} = LittIA_{1_{score}} + LittIA_{2_{score}} + LittIA_{3_{score}}$$

Où les LittIA_x_score sont les variables de littératie en IA dont les échelles ont été recodées.

Le score de littératie en IA du répondant, Score_LittIA, s'étend de 0 à 20.

Le score de Maturité Numérique de l'entreprise, nommé Score_MN est calculé comme tel :

$$Score_{MN} = dim1_{MN} + dim2_{MN} + dim3_{MN}$$

Avec :

$$dim1_{MN} = \frac{1}{5} (MN_{01_{code}} + MN_{02_{code}} + MN_{03_{code}} + MN_{04_{code}} + MN_{05_{code}})$$

$$dim2_{MN} = \frac{1}{4} (MN_{06_{code}} + MN_{07_{code}} + MN_{08_{code}} + MN_{09_{code}})$$

$$dim3_{MN} = \frac{1}{5} (MN_{10_{code}} + MN_{11_{code}} + MN_{12_{code}} + MN_{13_{code}} + MN_{14_{code}})$$

Où les MN_x_code sont les variables de maturité numérique dont l'échelle de Likert a été recodée en échelle numérique de 0 à 4.

Le score de maturité numérique s'étend de 0 à 12, chaque dimension s'étendant de 0 à 4.

Le détail du code utilisé pour la création de ces variables de score est présent dans l'Annexe F.

4) Valeurs manquantes

Le choix a été fait de mettre toutes les questions essentielles pour les analyses statistiques en question obligatoire. Ce choix minimise le nombre de réponses manquantes, au risque d'accentuer la frustration du répondant.

Les choix de traitement lorsque l'on fait face à des questions manquantes (les questions Non Attribué, les NA) seront décidés indépendamment pour chaque question. Plusieurs pistes sont possibles pour leur traitement (Zolas, 2020):

- Soit la valeur NA est conservée
- Soit la réponse du questionnaire est retirée
- Soit le résultat est imputé par moyenne des autres réponses pour cette question.

5) Valeurs aberrantes

Les valeurs aberrantes peuvent influencer de manière disproportionnées les résultats. La seule valeur aberrante pouvant survenir et être détecté serait pour la question du nombre de projets en IA mené par l'entreprise, qui offrait au répondant la possibilité de choisir une valeur numérique de 0 à 100.

Des statistiques sur cette variable permettront d'étudier la répartition de ses modalités, et donc d'observer la présence de valeurs aberrantes.

6) Ajustements statistiques

Des pondérations peuvent être appliqués aux réponses afin d'ajuster l'influence des observations, de corriger des biais et d'améliorer la représentativité des résultats. Certaines variables ont été mises en place dans le questionnaire afin de permettre ces pondérations des réponses, dont :

- Le score de littératie du répondant
- Le niveau d'ancienneté du répondant dans l'entreprise
- La participation du répondant au projet en IA

Afin de limiter l'erreur d'ajustement (Groves et al., 2011) qui peut survenir si des pondérations sont appliquées, il est nécessaire de :

- Justifier et documenter les pondérations appliquées
- Tester plusieurs pondérations et comparer les résultats

7) Description de l'échantillon : analyses univariées

Afin de décrire l'échantillon et d'obtenir une vision des données recueillies, des analyses descriptives des variables de l'étude ont été menées. Ces statistiques permettent d'étudier la répartition des différentes modalités et d'obtenir des résultats préliminaires quant à la distribution des variables. Voici les tests réalisés pour les différents types de variable :

- Pour les variables quantitatives : étude de moyenne, médiane, écart-type, minimum et maximum.
- Pour les variables qualitatives : étude de la fréquence des différentes modalités dans les réponses.

Ces statistiques permettent de décrire les principales caractéristiques de l'échantillon, et de vérifier la cohérence des données.

La description de l'échantillon permet aussi d'évaluer l'erreur de non-réponse (Groves et al., 2011). C'est le biais introduit par la non-réponse à l'enquête ou à certaines questions par un certain groupe de la population. Ce biais peut être évalué en étudiant notamment les corrélations entre les réponses données et les profils d'entreprise, ainsi que les profils des répondants.

8) Étude des relations entre variables : analyses bivariées

Les analyses bivariées permettent d'étudier les relations existantes entre deux variables. La nature des tests utilisés dépend du type des variables étudiées deux à deux :

- Deux variables quantitatives : Corrélation de Pearson ou Spearman, matrice de corrélations.
- Une variable quantitative et une qualitative : Comparaison de moyennes (test t, ANOVA).
- Deux variables qualitatives : Tableau croisé, tests du Khi².

Ces analyses permettent d'établir des résultats préliminaires sur certaines des hypothèses avant de mener des régressions, et d'étudier le risque de multicollinéarité entre variables indépendantes, une étape essentielle avant de pouvoir mener des régressions.

9) Étude des hypothèses statistiques par régression

L'étude prévoit de répondre aux hypothèses et de corriger le modèle conceptuel initial en menant des régressions hiérarchiques entre les différentes variables. L'objectif est d'inclure par blocs les variables explicatives dans chaque modèle de régression afin d'étudier l'effet séparé de chaque variable sur la variable dépendante, et étudier enfin l'effet groupé. Ces régressions permettront de comprendre la nature et l'intensité d'un lien entre les variables.

ANNEXE F CODE R POUR LE TRAITEMENT DU SONDAGE

```
#-----PACKAGES-----
--

#Chargement des bibliothèques
library(tidyverse)

## Warning: le package 'tidyverse' a été compilé avec la version R 4.5.2

## — Attaching core tidyverse packages — tidyverse 2.
0.0 —
## ✓ dplyr      1.1.4      ✓ readr      2.1.5
## ✓ forcats    1.0.0      ✓ stringr    1.5.1
## ✓ ggplot2    3.5.2      ✓ tibble     3.3.0
## ✓ lubridate  1.9.4      ✓ tidyr      1.3.1
## ✓ purrr      1.1.0
## — Conflicts — tidyverse_conflict
s() —
## ✗ dplyr::filter() masks stats::filter()
## ✗ dplyr::lag()    masks stats::lag()
## i Use the conflicted package (<http://conflicted.r-lib.org/>) to force all
conflicts to become errors

library(survey)

## Warning: le package 'survey' a été compilé avec la version R 4.5.2

## Le chargement a nécessité le package : grid
## Le chargement a nécessité le package : Matrix
##
## Attachement du package : 'Matrix'
##
## Les objets suivants sont masqués depuis 'package:tidyr':
##
##     expand, pack, unpack
##
## Le chargement a nécessité le package : survival
##
## Attachement du package : 'survey'
##
## L'objet suivant est masqué depuis 'package:graphics':
##
##     dotchart

library(srvyr)

## Warning: le package 'srvyr' a été compilé avec la version R 4.5.2
```

```

##
## Attachement du package : 'srvyr'
##
## L'objet suivant est masqué depuis 'package:stats':
##
##     filter

library(srvyexploR)
library(broom)
library(gt)
library(gtsummary)
library(pkgbuild)
library(lmtest)

## Le chargement a nécessité le package : zoo
##
## Attachement du package : 'zoo'
##
## Les objets suivants sont masqués depuis 'package:base':
##
##     as.Date, as.Date.numeric

library(car)

## Le chargement a nécessité le package : carData
##
## Attachement du package : 'car'
##
## L'objet suivant est masqué depuis 'package:dplyr':
##
##     recode
##
## L'objet suivant est masqué depuis 'package:purrr':
##
##     some

library(dplyr)
library(factoextra)

## Welcome! Want to learn more? See two factoextra-related books at https://github.com/josiahmclake/factoextra
##

library(Hmisc)

##
## Attachement du package : 'Hmisc'
##
## L'objet suivant est masqué depuis 'package:gt':
##
##     html
##
## L'objet suivant est masqué depuis 'package:srvyr':

```

```
##
##      summarize
##
## L'objet suivant est masqué depuis 'package:survey':
##
##      deff
##
## Les objets suivants sont masqués depuis 'package:dplyr':
##
##      src, summarize
##
## Les objets suivants sont masqués depuis 'package:base':
##
##      format.pval, units

library(lavaan)

## This is lavaan 0.6-19
## lavaan is FREE software! Please report any bugs.

library(ggplot2)
library(forcats)
#-----BASE DE DONNEES-----
---

#Chargement de la base de données
data <- read.csv("C:/Users/Lenovo/OneDrive/Desktop/MAITRISE RECHERCHE/ANALYSE
S STAT/DATAs/Base de données vf.csv", stringsAsFactors = FALSE) #attention l
e fichier de data doit être en CVS

#Affichage
View(data)

#===== 1) RENOMMAGE DES VARIABLES =====

#création d'une table de correspondance, qui relie les anciens noms des varia
bles aux nouveaux
correspondance <- c(
  "G01Q01" = "MN_01", "G01Q02" = "MN_02", "G01Q03" = "MN_03", "G01Q04" = "MN_
04",
  "G01Q05" = "MN_05", "G01Q06" = "MN_06", "G01Q07" = "MN_07", "G01Q08" = "MN_
08",
  "G01Q09" = "MN_09", "G01Q10" = "MN_10", "G01Q11" = "MN_11", "G01Q12" = "MN_
12",
  "G01Q13" = "MN_13", "G01Q14" = "MN_14",

  "G02Q3" = "LittIA_1", "G02Q4" = "LittIA_2", "G02Q6" = "LittIA_3", "G02Q1" =
"LittIA_4",

  "G03Q01" = "Nb_proj", "G03Q02" = "Premier_proj", "G03Q03" = "Futur_proj",
  "G03Q04" = "Freins_IA", "G03Q05" = "No_proj", "G03Q06" = "Benef_IA",
```

```

  "G04Q00" = "Note_rep_proj", "G04Q01" = "Descri_proj", "G04Q02" = "Avancemen
t_proj",
  "G04Q03" = "Domaine_proj", "G04Q04" = "Effectif_proj", "G04Q05" = "Implicat
ion_proj",
  "G04Q06" = "Duree_proj", "G04Q07" = "Techno_proj", "G04Q08" = "Succes_proj"
,
  "G04Q09" = "Nouveaux_proj",

  "G04Q00Copy" = "Note_rep_prev", "G04Q01Copy" = "Descri_Fproj", "G04Q03Copy"
= "Domaine_Fproj",
  "G04Q04Copy" = "Effectif_Fproj", "G04Q05Copy" = "Implication_Fproj",
  "G04Q07Copy" = "Techno_Fproj", "G04Q09Copy" = "Nouveaux_Fproj",

  "G05Q01" = "Financier_appui", "G05Q02" = "Appui", "G05Q03" = "Nature_appui"
,
  "G05Q04" = "Nature_appui_prive", "G05Q05" = "Nature_appui_public",
  "G05Q06" = "Aide_appuis", "G05Q07" = "Transfert_comp_appui", "G05Q08" = "Me
illeur_appui",

  "G05Q01Copy" = "Financier_Fappui", "G05Q02Copy" = "FAppui", "G05Q03Copy" =
"Nature_Fappui",
  "G05Q04Copy" = "Nature_Fappui_prive", "G05Q05Copy" = "Nature_Fappui_public"
,
  "G05Q06Copy" = "Aide_Fappuis", "G05Q07Copy" = "Utilité_Fappui",
  "G05Q08Copy" = "Transfert_comp_Fappui", "G05Q010Copy" = "Meilleur_Fappui",

  "G05Q09" = "Recrut_IA", "G05Q09Copy" = "FRecrut_IA", "G05Q10" = "Post_IA",
  "G05Q10Copy" = "FPost_IA",

  "G06Q01" = "RegionE", "G06Q02" = "Nb_employE", "G06Q03" = "AgeE",
  "G06Q04" = "SecteurE", "G06Q05" = "CAE",

  "G07Q01" = "GenreR", "G07Q02" = "AgeR", "G07Q03" = "PostR",
  "G07Q04" = "AncienneteR", "G07Q05" = "EtudeR"
)

```

Renommage avancé pour les sous-questions

```

names(data) <- sapply(names(data), function(varname) { #fonction de modifica
tion sapply permet d'appliquer aux noms des colonnes de mon dataset ce que re
tourne la fonction appliquée à chaque colonne
  # Trouve les correspondances exactes
  if (varname %in% names(correspondance)) { #si le nom de colonne (cad varnam
e) se trouve dans la table de correspondance, alors on le remplace directement
    return(correspondance[[varname]])
  }
}

```

```

# Vérifie si c'est une sous-variable d'une clé connue
match_key <- names(correspondance)[sapply(names(correspondance), function(p
refix) { #ici on cherche si une colonne commence par un préfixe figurant dans
la table de correspondance
  startsWith(varname, paste0(prefix, "."))
})]

if (length(match_key) == 1) {
  # Substitue le préfixe trouvé par la nouvelle valeur
  return(sub(paste0("^", match_key), correspondance[[match_key]], varname))
}

# Si le nom de la colonne ne figure pas dans la table de correspondance, so
n nom n'est pas changé
return(varname)
})

#===== 2) NETTOYAGE ET PRÉPARATION DES DONNÉES =====
===

#-----Transformation des variables MN1 à MN14-----
---

# Création d'un fonction de conversion des échellons de likert
convertir_likert <- function(x) { # fonction qui prend en entrée un vecteur x
, une colonne du dataset
  dplyr::recode(x,
    "Tout à fait en désaccord" = 0,
    "Plutôt en désaccord" = 1,
    "Ni en accord ni en désaccord" = 2,
    "Plutôt d'accord" = 3,
    "Tout à fait d'accord" = 4,
    "Ne sais pas" = NA_real_)
} #fonction recode du module dplyr

# Noms des colonnes originales
MN_vars <- paste0("MN_", sprintf("%02d", 1:14))
#fonction paste0 permet de concatener des chaines de caractères "%02d" permet
de mettre les nombres sous le format 01, 02 ... .
#MN_vars prend le nom des variables originales.

# Noms des nouvelles colonnes recodées
MN_vars_code <- paste0(MN_vars, "_code")

# Créer les nouvelles colonnes
data[MN_vars_code] <- lapply(data[MN_vars], convertir_likert) # on applique l
a conversion de l'échelle de likert aux variables recodées

#-----Transformation des variables de littératie en IA-----

```

```

---
# Recodage de LittIA_1

# Colonnes LittIA 1
colonnes_littIA1 <- paste0("LittIA_1.00", 1:8, ".")

# Pondérations
pondérations_littIA1 <- c(-1, 0, 1, -1, -1, 1, 1, 0)

# Recodage Oui = 1, autres = 0
mat_littIA1 <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_littIA1], function(col) a
s.numeric(col == "Oui")))#si il y a un "oui", le transforme en 1. 0 pour les
"non"

# Score pondéré
data$score_brut_littIA1 <- as.numeric(as.matrix(mat_littIA1) %*% pondérations
_littIA1) #on multiplie mat_littIA1 par les pondérations, produit matriciel

# Centrage du score (-3/3 → 0/6)
data$LittIA_1_score <- data$score_brut_littIA1 +3

# Recodage de LittIA_2

# Colonnes LittIA 2
colonnes_littIA2 <- paste0("LittIA_2.SQ00", 1:8, ".")

# Pondérations
pondérations_littIA2 <- c(1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0)

# Recodage Oui = 1, autres = 0
mat_littIA2 <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_littIA2], function(col) a
s.numeric(col == "Oui"))))

# Score pondéré
data$LittIA_2_score <- as.numeric(as.matrix(mat_littIA2) %*% pondérations_lit
tIA2)

# Recodage de LittIA_3

# Colonnes LittIA_3 (de .001 à .008 + "other")
colonnes_littIA3 <- paste0("LittIA_3.00", 1:8, ".")
colonnes_littIA3 <- c(colonnes_littIA3, "LittIA_3.other.")

# Pondérations
pondérations_littIA3 <- c(-1, 1, 1, 1, 1, 2, 1, 0, 0) # la dernière pondérat
ion (colonne 'other') est bien 0

# Recodage : Oui = 1, autres (y compris "Autre") = 0
reponses_binaires_littIA3 <- lapply(seq_along(colonnes_littIA3), function(i)

```



```

{ #ici on se promène dans toutes les colonnes avec une boucle lapply qui reco
de 0 pour "Autres" (pas pris en compte dans cette étude), 1 ou 0 sinon
  col <- data[[colonnes_littIA3[i]]]
  if (colonnes_littIA3[i] == "LittIA_3.other.") {
    # Toujours 0 pour la réponse libre
    return(rep(0, nrow(data)))
  } else {
    return(ifelse(col == "Oui", 1, 0))
  }
})
# Conversion en dataframe
mat_littIA3 <- as.data.frame(reponses_binaires_littIA3)

# Calcul du score brut (produit matrice × pondérations)
score_brut_littIA3 <- as.numeric(as.matrix(mat_littIA3) %*% pondérations_litt
IA3)

# Centrage du score (-1/+7 → 0/8)
data$LittIA_3_score <- score_brut_littIA3 + 1

# Recodage de LittIA_4 :
data$LittIA_4_code <- dplyr::recode(data$LittIA_4,
                                   "Mauvaise" = 1,
                                   "Faible" = 2,
                                   "Moyenne" = 3,
                                   "Bonne" = 4,
                                   "Très bonne" = 5,
                                   "Ne sais pas" = NA_real_,
                                   "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

#-----Transformation des variables du Projet en IA-----
---

#Transformation des variables du Projet en IA
data$Premier_proj <- as.character(data$Premier_proj) #on fait attention à tra
nsformer les variables en caractère quand il y a du texte, sinon recode ne fo
nctionnera pas
data$Premier_proj_code <- dplyr::recode(data$Premier_proj ,
                                       "Moins de 6 mois" = 1,
                                       "6 mois à 1 an" = 2,
                                       "1 à 2 ans" = 3,
                                       "2 à 5 ans" = 4,
                                       "Plus de 5 ans" = 5,
                                       "Ne sais pas" = NA_real_,
                                       "Préfère ne pas répondre" = NA_real_,
                                       .default = NA_real_)

data$Futur_proj <- as.character(data$Futur_proj)

```

```

data$Futur_proj_code<- dplyr::recode(data$Futur_proj ,
                                     "Dans les semaines à venir" = 1,
                                     "Dans le mois à venir" = 2,
                                     "Dans l'année à venir" = 3,
                                     "Dans les 5 ans" = 4,
                                     "Dans les 10 ans" = 5,
                                     "Jamais" = 6,
                                     "Ne sais pas" = NA_real_,
                                     "Préfère ne pas répondre" = NA_real_,
                                     .default = NA_real_)

# Colonnes des freins IA (avec suffixe .001. à .015.)
colonnes_freins <- paste0("Freins_IA.", sprintf("%03d", 1:15), ".")
colonnes_freins_code <- paste0(colonnes_freins, "_code")

# Recodage
data[, colonnes_freins_code] <- lapply(
  data[, colonnes_freins, drop = FALSE],
  function(col) {
    recode_col <- dplyr::recode(
      trimws(as.character(col)), # supprime d'éventuels espaces avant/après
      "Pas du tout important" = "0",
      "Peu important"         = "1",
      "Neutre"                 = "2",
      "Plutôt important"       = "3",
      "Très important"         = "4",
      "Ne sais pas"            = NA_character_,
      .default                  = NA_character_
    )
    as.numeric(recode_col)}) #pour que Les numéros recodés (1,2...) soient de
# valeurs numériques et pas du texte

# Affichage des Freins à L'adoption de L'IA recodés
#View(data[, colonnes_freins_code])

#Recodage des Bénéfices en IA

colonnes_benefIA <- paste0("Benef_IA.SQ00", 1:9, ".")
colonnes_benefIA <- c(colonnes_benefIA, "Benef_IA.SQ010.", "Benef_IA.other.")

valeurs_benefIA <- 1:11 #vecteur qui contient pour l'instant tous les choix de
# réponse, pour lequel on ne gardera que les réponses choisies par le
# répondant

mat_benefIA <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_benefIA], function(col) as
# s.numeric(col == "Oui")))) # on transforme les oui en 1

```

```

data$Benef_IA_code <- apply(mat_benefIA, 1, function(x) {
  paste(valeurs_benefIA[which(x == 1)], collapse = ", ")
})

# Affichage
#View(mat_benefIA)
#View(data$Benef_IA_code)

#-----Transformation des variables de La Description du projet en IA-----
---

data$Implication_proj_code<- dplyr::recode(data$Implication_proj ,
  "Oui, j'ai été directement impliqué dans le projet." = 1,
  "Oui, j'ai collaboré avec les équipes en charge du projet." = 2,
  "Non, je n'ai pas été impliqué ni en contact avec les équipes." = 3,
  "Ne sais pas" = NA_real_,
  "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

data$Avancement_proj_code<- dplyr::recode(data$Avancement_proj ,
  "Terminé" = 1,
  "En cours" = 2,
  "Ne sais pas" = NA_real_,)

data$Effectif_proj_code<- dplyr::recode(data$Effectif_proj ,
  "1 personne" = 1,
  "2 à 5 personnes" = 2,
  "6 à 10 personnes" = 3,
  "11 à 20 personnes" = 4,
  "Plus de 20 personnes" = 5,
  "Ne sais pas" = NA_real_,
  "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

data$Duree_proj_code<- dplyr::recode(data$Duree_proj ,
  "Quelques jours" = 1,
  "Quelques semaines" = 2,
  "Quelques mois" = 3,
  "Quelques années" = 4,
  "Ne sais pas" = NA_real_,
  "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

colonnes techno_proj <- paste0("Techno_proj.SQ00", 1:9, ".")
colonnes techno_proj <- c(colonnes techno_proj, "Techno_proj.other.")
valeurs techno_proj <- c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, NA ,9)# R1 à R8 → 1 à 8, R9
= "Ne sais pas" → NA, R10 = "Autre" → 9

```

```

mat_techno_proj <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_techno_proj], function(
col) as.numeric(col == "Oui")))

data$Techno_proj_code <- apply(mat_techno_proj, 1, function(x) {
  # on exclut les NA et les cases non cochées
  selected <- valeurs_techno_proj[which(x == 1)]
  if (length(selected) == 0) {
    return(NA_character_)
  } else {
    return(paste(selected, collapse = ", "))
  }
})

data$Succes_proj_code <- dplyr::recode(data$Succes_proj ,
  "Échec totalLe projet est un échec cuisant,
n'a généré aucun résultat tangible et a engendré des coûts et frustrations im
portants." = 1,
  "Résultats insuffisantsLe projet n'a pas at
teint ses objectifs, a révélé des lacunes importantes et a entraîné des coûts
imprévus." = 2,
  "Succès partielleLe projet a atteint certains
objectifs, mais son impact est limité et des efforts ou ajustements sont enco
re nécessaires." = 3,
  "Succès fonctionnelleLe projet fonctionne bie
n, est utilisé dans plusieurs processus, génère de la valeur ajoutée et la ma
intenance est maîtrisée." = 4,
  "Succès completLe projet est pleinement opé
rationnel, intégré aux processus, maintenu de manière autonome, et génère des
bénéfices significatifs." = 5,
  "Ne sais pas" = NA_real_,
  "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

## Warning: Unreplaced values treated as NA as `.x` is not compatible.
## Please specify replacements exhaustively or supply `.default`.

data$Nouveaux_proj_code <- dplyr::recode(data$Nouveaux_proj ,
  "Tout à fait en désaccord" = 1,
  "Plutôt en désaccord" = 2,
  "Ni en accord ni en désaccord" = 3,
  "Plutôt d'accord" = 4,
  "Tout à fait d'accord" = 5,
  "Ne sais pas" = NA_real_)

#-----Transformation des variables de la Prévision du projet en IA---
---
data$Effectif_Fproj <- as.character(data$Effectif_Fproj) #ligne obligatoire c
ar les variables de ces sections sont vides si le répondant n'a pas eu besoin
de les remplir
data$Effectif_Fproj_code <- dplyr::recode(data$Effectif_Fproj ,

```

```

        "1 personne" = 1,
        "2 à 5 personnes" = 2,
        "6 à 10 personnes" = 3,
        "11 à 20 personnes" = 4,
        "Plus de 20 personnes" = 5,
        "Ne sais pas" = NA_real_,
        "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

data$Implication_Fproj <- as.character(data$Implication_Fproj)
data$Implication_Fproj_code<- dplyr::recode(data$Implication_Fproj ,
        "Oui, je serai directement impliqué da
ns le projet." = 1,
        "Oui, je collaborerai avec les équipes
en charge du projet." = 2,
        "Non, je ne serai ni impliqué ni ne co
llaborerai avec les équipes." = 3,
        "Ne sais pas" = NA_real_,
        "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

colonnes_techno_Fproj <- paste0("Techno_Fproj.SQ00", 1:9, ".")
colonnes_techno_Fproj <- c(colonnes_techno_Fproj, "Techno_Fproj.other.")
valeurs_techno_Fproj <- c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, NA ,9)# R1 à R8 → 1 à 8, R9
= "Ne sais pas" → NA, R10 = "Autre" → 9

mat_techno_Fproj <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_techno_Fproj], funct
ion(col) as.numeric(col == "Oui")))

data$Techno_Fproj_code <- apply(mat_techno_Fproj, 1, function(x) {
  # on exclut les NA et les cases non cochées
  selected <- valeurs_techno_Fproj[which(x == 1)]
  if (length(selected) == 0) {
    return(NA_character_)
  } else {
    return(paste(selected, collapse = ", "))
  }
})

data$Nouveaux_Fproj <- as.character(data$Nouveaux_Fproj )
data$Nouveaux_Fproj_code<- dplyr::recode(data$Nouveaux_Fproj ,
        "Tout à fait en désaccord" = 1,
        "Plutôt en désaccord" = 2,
        "Ni en accord ni en désaccord" = 3,
        "Plutôt d'accord" = 4,
        "Tout à fait d'accord" = 5,
        "Ne sais pas" = NA_real_)

#-----Transformation des variables de l'aide à l'adoption de l'IA-----
---
```

```

data$Financier_appui <- as.character(data$Financier_appui)
data$Financier_appui_code <- dplyr::recode(data$Financier_appui,
                                           "Oui, des financements publics" = 1
,
                                           "Oui, des financements privés" = 2,
                                           "Oui, des financements privés et pu
blications" = 3,
                                           "Non" = 4,
                                           "Ne sais pas" = 5)

data$Appui <- as.character(data$Appui)
# recodage binaire (R3 devient 0)
data$Appui_code <- dplyr::recode(data$Appui,
                                "Oui" = 1,
                                "Non" = 0,
                                "Ne sais pas" = 0)

data$Nature_appui <- as.character(data$Nature_appui)
data$Nature_appui_code <- dplyr::recode(data$Nature_appui,
                                         "Public" = 1,
                                         "Privé" = 2,
                                         "Les deux" = 3,
                                         "Ne sais pas" = NA_real_)

## Warning: Unreplaced values treated as NA as `.x` is not compatible.
## Please specify replacements exhaustively or supply `.default`.

colonnes_prive <- paste0("Nature_appui_prive.SQ00", 1:8, ".")
colonnes_prive <- c(colonnes_prive, "Nature_appui_prive.other.")

valeurs_prive <- c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, NA, 8)

mat_prive <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_prive], function(col) as.nu
meric(col == "Oui")))

data$Nature_appui_prive_code <- apply(mat_prive, 1, function(x) {
  codes <- valeurs_prive[which(x == 1)]
  if (length(codes) == 0) NA_character_ else paste(codes, collapse = ", ")
})

#recodage génère une liste de Oui/Non, convertie en liste de 1/0, puis en lis
te de 1/2 ou autre chiffre correspondant à la catégorie.

colonnes_public <- paste0("Nature_appui_public.SQ00", 8:9, ".")
colonnes_public <- c(colonnes_public, "Nature_appui_public.SQ010.", "Nature_a
ppui_public.SQ011.", "Nature_appui_public.SQ012.", "Nature_appui_public.other.
")

valeurs_public <- c(1, 2, 3, 4, NA, 6)

```

```

mat_public <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_public], function(col) as.
numeric(col == "Oui")))

data$Nature_appui_public_code <- apply(mat_public, 1, function(x) {
  codes <- valeurs_public[which(x == 1)]
  if (length(codes) == 0) NA_character_ else paste(codes, collapse = ", ")}

colonnes_aide_appui <- paste0("Aide_appuis.SQ00", 1:6, ".")
colonnes_aide_appui <- c(colonnes_aide_appui, "Aide_appuis.other.")
valeurs_aide <- 1:7

mat_aide <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_aide_appui], function(col) a
s.numeric(col == "Oui")))

data$Aide_appuis_code <- apply(mat_aide, 1, function(x) {
  codes <- valeurs_aide[which(x == 1)]
  if (length(codes) == 0) NA_character_ else paste(codes, collapse = ", ")}

data$Transfert_comp_appui <- as.character(data$Transfert_comp_appui)
data$Transfert_comp_appui_code <- dplyr::recode(data$Transfert_comp_appui,
  "Tout à fait en désaccord" = 1
,
  "Plutôt en désaccord" = 2,
  "Ni en accord ni en désaccord"
= 3,
  "Plutôt d'accord" = 4,
  "Tout à fait d'accord" = 5,
  "Ne sais pas" = NA_real_)

## Warning: Unreplaced values treated as NA as `.x` is not compatible.
## Please specify replacements exhaustively or supply `.default`.

### Transformation des variables de la prévision d'aide à l'adoption de l'IA-
--

data$Financier_Fappui <- as.character(data$Financier_Fappui)
data$Financier_Fappui_code <- dplyr::recode(data$Financier_Fappui,
  "Oui, des financements publics" = 1
,
  "Oui, des financements privés" = 2,
  "Oui, des financements privés et pu
blications" = 3,
  "Non" = 4,
  "Ne sais pas" = 5)

## Warning: Unreplaced values treated as NA as `.x` is not compatible.
## Please specify replacements exhaustively or supply `.default`.

```

```

data$Fappui <- as.character(data$Fappui)
# recodage binaire (R3 devient 0)
data$Fappui_code <- dplyr::recode(data$Fappui,
                                "Oui" = 1,
                                "Non" = 0,
                                "Ne sais pas" = 0)

## Warning: Unreplaced values treated as NA as `.x` is not compatible.
## Please specify replacements exhaustively or supply `.default`.

data$Nature_Fappui <- as.character(data$Nature_Fappui)
data$Nature_Fappui_code <- dplyr::recode(data$Nature_Fappui,
                                         "Public" = 1,
                                         "Privé" = 2,
                                         "Les deux" = 3,
                                         "Ne sais pas" = NA_real_)

## Warning: Unreplaced values treated as NA as `.x` is not compatible.
## Please specify replacements exhaustively or supply `.default`.

colonnes_Fprive <- paste0("Nature_Fappui_prive.SQ00", 1:8, ".")
colonnes_Fprive <- c(colonnes_prive, "Nature_Fappui_prive.other.")

valeurs_Fprive <- c(1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, NA, 8)

mat_Fprive <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_Fprive], function(col) as.
numeric(col == "Oui"))))

data$Nature_Fappui_prive_code <- apply(mat_Fprive, 1, function(x) {
  codes <- valeurs_Fprive[which(x == 1)]
  if (length(codes) == 0) NA_character_ else paste(codes, collapse = ", ")
})

colonnes_Fpublic <- paste0("Nature_Fappui_public.SQ00", 2:6, ".")
colonnes_Fpublic <- c(colonnes_Fpublic, "Nature_Fappui_public.other.")

valeurs_Fpublic <- c(1, 2, 3, 4, NA, 6)

mat_Fpublic <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_Fpublic], function(col) a
s.numeric(col == "Oui"))))

data$Nature_Fappui_public_code <- apply(mat_Fpublic, 1, function(x) {
  codes <- valeurs_Fpublic[which(x == 1)]
  if (length(codes) == 0) NA_character_ else paste(codes, collapse = ", ")}))

colonnes_aide_Fappui <- paste0("Aide_Fappuis.SQ00", 1:6, ".")
colonnes_aide_Fappui <- c(colonnes_aide_Fappui, "Aide_Fappuis.other.")

```



```

valeurs_Faide <- 1:7

mat_Faide <- as.data.frame(lapply(data[, colonnes_aide_Fappui], function(col)
as.numeric(col == "Oui")))

data$Aide_Fappuis_code <- apply(mat_Faide, 1, function(x) {
  codes <- valeurs_Faide[which(x == 1)]
  if (length(codes) == 0) NA_character_ else paste(codes, collapse = ", ")}))

data$Transfert_comp_Fappui <- as.character(data$Transfert_comp_Fappui)
data$Transfert_comp_Fappui_code <- dplyr::recode(data$Transfert_comp_Fappui,
  "Tout à fait en désaccord" = 1
,
  "Plutôt en désaccord" = 2,
  "Ni en accord ni en désaccord"
= 3,
  "Plutôt d'accord" = 4,
  "Tout à fait d'accord" = 5,
  "Ne sais pas" = NA_real_)

## Warning: Unreplaced values treated as NA as `.x` is not compatible.
## Please specify replacements exhaustively or supply `.default`.

#-----Transformation des variables de recrutement en IA-----
---

data$Recrut_IA_code <- dplyr::recode(data$Recrut_IA,
  "Oui" = 1,
  "Non" = 0,
  "Ne sais pas" = 0)
data$FRecrut_IA <- as.character(data$FRecrut_IA )
data$FRecrut_IA_code <- dplyr::recode(data$FRecrut_IA,
  "Oui" = 1,
  "Non" = 0,
  "Ne sais pas" = 0)

## Warning: Unreplaced values treated as NA as `.x` is not compatible.
## Please specify replacements exhaustively or supply `.default`.

#-----Transformation des variables socio-démographiques-----
---

data$Nb_employE_code <- dplyr::recode(data$Nb_employE,
  "0-10 employés" = 1,
  "11-20 employés" = 2,
  "21-49 employés" = 3,
  "50-99 employés" = 4,
  "100-249 employés" = 5,
  "250-499 employés" = 6,
  "500 employés et plus" = 7,
  "Ne sais pas" = NA_real_)

```

```

data$AgeE_code <- dplyr::recode(data$AgeE,
                              "Moins de 1 an" = 0.5,
                              "1 à 5 ans" = 3,
                              "6 à 10 ans" = 8,
                              "11 à 20 ans" = 15,
                              "21 à 50 ans" = 35,
                              "Plus de 50 ans" = 50,
                              "Ne sais pas" = NA_real_)

data$CAE_code <- dplyr::recode(data$CAE,
                              "Aucun" = 0,
                              "Moins de 100 000 $ par an" = 50000,
                              "100 000 $ à 499 999 $ par an" = 300000,
                              "500 000 $ à 999 999 $ par an" = 750000,
                              "1 million $ à 4,9 millions $ par an" = 2500000,
                              "5 millions $ à 9,9 millions $ par an" = 7500000,
                              "10 millions $ à 49,9 millions $ par an" = 30000000
                              ,
                              "50 millions $ et plus par an" = 50000000,
                              "Préfère ne pas répondre" = NA_real_,
                              "Ne sais pas" = NA_real_)

data$SecteurE_clean <- ifelse(data$SecteurE == "Autre",
                             data$SecteurE.other.,
                             data$SecteurE)

#-----Transformation des variables du répondant-----
---
data$GenreR_clean <- ifelse(data$GenreR == "Autre",
                           data$GenreR.other.,
                           data$GenreR)

data$GenreR_code <- dplyr::recode(data$GenreR,
                                  "Homme" = 1,
                                  "Femme" = 2,
                                  "Non-binaire" = 3,
                                  "Autre" = 3,
                                  "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

data$AgeR_code <- dplyr::recode(data$AgeR,
                                "Moins de 25 ans" = 21,
                                "25-34 ans" = 29.5,
                                "35-44 ans" = 39.5,
                                "45-54 ans" = 49.5,
                                "55-64 ans" = 59.5,
                                "65 ans et plus" = 70,
                                "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

#permet de fusionner la colonne Autre avec les autres colonnes.

```

```

data$PostR_clean <- ifelse(data$PostR == "Autre", #ifelse(condition, valeur s
i vraie, valeur si faux)
                           data$PostR.other.,
                           data$PostR)

data$PostR_code <- dplyr::recode(data$PostR_clean,
                                "Directeur général (DG) ou Président-directeur gé
néral (PDG) (CEO)" = 1,
                                "D'ice Président (VP)" = 2,
                                "Directeur des opérations (COO)" = 3,
                                "Directeur de la technologie (CTO)" = 4,
                                "Préfère ne pas répondre" = NA_real_,
                                "Autre" = 5)

data$AncienneteR_code <- dplyr::recode(data$AncienneteR,
                                       "Moins de 6 mois" = 3,
                                       "Entre 6 mois et 1 an" = 9,
                                       "1 à 3 ans" = 24,
                                       "4 à 7 ans" = 54,
                                       "Plus de 7 ans" = 90,
                                       "Préfère ne pas répondre" = NA_real_)

data$EtudeR_clean <- ifelse(data$EtudeR == "Autre",
                             data$EtudeR.other.,
                             data$EtudeR)

data$EtudeR_code <- dplyr::recode(data$EtudeR_clean,
                                  "Aucun diplôme" = 0,
                                  "Diplôme d'études secondaires (DES ou équivalent
)" = 1,
                                  "Diplôme d'études professionnelles (DEP)" = 2,
                                  "Diplôme d'études collégiales (DEC technique ou
préuniversitaire)" = 3,
                                  "Baccalauréat (ou équivalent)" = 4,
                                  "Maîtrise" = 5,
                                  "Doctorat" = 6,
                                  "Préfère ne pas répondre" = NA_real_,
                                  "Autre" = 7)

#-----Création des scores-----
--

#Score de Maturité numérique

data$dim1_MN <- 1/5*rowSums(data[, c("MN_01_code", "MN_02_code", "MN_03_code"
, "MN_04_code", "MN_05_code" )], na.rm = TRUE)
data$dim2_MN <- 1/4*rowSums(data[, c("MN_06_code", "MN_07_code", "MN_08_code"
, "MN_09_code")], na.rm = TRUE)
data$dim3_MN <- 1/5*rowSums(data[, c("MN_10_code", "MN_11_code", "MN_12_code"

```

```
, "MN_13_code", "MN_14_code")], na.rm = TRUE)
data$Score_MN <- rowSums(data[, c("dim1_MN", "dim2_MN", "dim3_MN")], na.rm =
TRUE) # ce score est celui construit depuis La Littérature

# Score de Littérature en IA
data$Score_LittIA <- rowSums(data[, c("LittIA_1_score", "LittIA_2_score", "Li
ttIA_3_score")], na.rm = TRUE)

#-----ACF sur La maturité numérique-----
---

#utiliser ACF pour vérifier L'adéquation du modèle maturité numérique aux don
nées

#-----Création des variables de groupe-----
---

#Groupes adoption IA
data$GroupeIA <- NA #on crée une nouvelle colonne dans le jeu de données, la
variable catégorielle GroupeIA qui ne contient que des NA pour chaque réponda
nt
data$GroupeIA[data$Nb_proj > 0] <- "Projet mené" # pour ceux ayant fait au mo
ins un projet, la valeur "Projet mené" est attribué à leur ligne dans la colo
nne Groupe IA
data$GroupeIA[data$Nb_proj == 0 & data$Futur_proj_code != 6] <- "Pas encore de
projet mené mais prévu"
data$GroupeIA[data$Nb_proj == 0 & data$Futur_proj_code == 6] <- "Aucun projet
mené ni prévu"

#on transforme la variable catégorielle en variable factorielle (cad on ordon
ne selon l'ordre qui figure ci dessous)
data$GroupeIA <- factor(data$GroupeIA, levels = c("Aucun projet mené ni prévu
", "Pas encore de projet mené mais prévu", "Projet mené"))

#Groupes taille entreprise
data$Taille_entreprise <- NA

data$Taille_entreprise[data$Nb_employE_code %in% c(1, 2, 3, 4, 5)] <- "PME"
#le "%in%" est pour vérifier si une variable appartient à un ensemble de vale
urs

data$Taille_entreprise[data$Nb_employE_code %in% c(6, 7)] <- "Grande entrepri
se"

data$Taille_entreprise <- factor(data$Taille_entreprise, levels = c("PME", "G
rande entreprise"))

#===== 3) STATISTIQUES DESCRIPTIVES =====
```

```

===

#-----Statistiques sur Les données socio-économiques-----
---

#Fréquence des entreprises par secteur
ggplot(data, aes(x = fct_infreq(SecteurE_clean),
                    fill = fct_infreq(SecteurE_clean))) + # fct_infreq() est une
fonction de forcats, permet d'afficher dans l'ordre de fréquence, fill permet
quant à lui de mettre une couleur différente par valeur de x
  geom_bar(width = 0.7) +
  geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
            vjust = -0.5, size = 4) + # ajoute les nombres
  ggtitle("Secteurs représentés dans l'échantillon") +
  xlab("Secteur") +
  ylab("Nombre d'entreprises") +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2") + # palette harmonieuse
  theme_minimal(base_size = 14) + # fond minimaliste
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1), # noms inclinés
        legend.position = "none", # on supprime la légende si X et fill sont
identiques
        plot.title = element_text(face = "bold"))

## Warning: The dot-dot notation (`..count..`) was deprecated in ggplot2 3.4.
0.
## i Please use `after_stat(count)` instead.
## This warning is displayed once every 8 hours.
## Call `lifecycle::last_lifecycle_warnings()` to see where this warning was
## generated.

#Fréquence des entreprises par taille

ggplot(data, aes(x = fct_infreq(Taille_entreprise),
                    fill = fct_infreq(Taille_entreprise))) + # fct_infreq() est
une fonction de forcats, permet d'afficher dans l'ordre de fréquence, fill pe
rmet quant à lui de mettre une couleur différente par valeur de x
  geom_bar(width = 0.7) +
  geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
            vjust = -0.5, size = 4) + # ajoute les nombres
  ggtitle("Taille des entreprises représentées dans l'échantillon") +
  xlab("Taille de l'entreprise") +
  ylab("Nombre d'entreprises") +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2") + # palette harmonieuse
  theme_minimal(base_size = 14) + # fond minimaliste
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1), # noms inclinés
        legend.position = "none", # on supprime la légende si X et fill sont
identiques
        plot.title = element_text(face = "bold"))

#Fréquence des entreprises par région

```

```

ggplot(data, aes(x = fct_infreq(RegionE),
                  fill = fct_infreq(RegionE))) + # fct_infreq() est une fonction
on de forcats, permet d'afficher dans l'ordre de fréquence, fill permet quant
à lui de mettre une couleur différente par valeur de x
  geom_bar(width = 0.7) +
  geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
            vjust = -0.5, size = 4) + # ajoute les nombres
  ggtitle("Région où les répondants exercent leur activité représentées dans
l'échantillon") +
  xlab("Région d'activité ") +
  ylab("Nombre de répondants") +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2") + # palette harmonieuse
  theme_minimal(base_size = 14) + # fond minimaliste
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1), # noms inclinés
        legend.position = "none", # on supprime la légende si X et fill sont
identiques
        plot.title = element_text(face = "bold"))

#-----Statistiques sur Les répondants-----
--

#Fréquence des répondants par genre

ggplot(data, aes(x = fct_infreq(GenreR_clean),
                  fill = fct_infreq(GenreR_clean))) +
  geom_bar(width = 0.7) +
  geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
            vjust = -0.5, size = 4) +
  ggtitle("Genres des répondants représentées dans l'échantillon") +
  xlab("Genre du répondant") +
  ylab("Nombre de répondants") +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
  theme_minimal(base_size = 14) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),
        legend.position = "none",
        plot.title = element_text(face = "bold"))

#Fréquence des répondants par poste

ggplot(data, aes(x = fct_infreq(PostR_clean),
                  fill = fct_infreq(PostR_clean))) +
  geom_bar(width = 0.7) +
  geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
            vjust = -0.5, size = 4) +
  ggtitle("Postes des répondants représentées dans l'échantillon") +
  xlab("Poste du répondant") +
  ylab("Nombre de répondants") +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
  theme_minimal(base_size = 14) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),

```

```

    legend.position = "none",
    plot.title = element_text(face = "bold"))

#Fréquence des répondants par étude
ggplot(data, aes(x = fct_infreq(EtudeR_clean),
                    fill = fct_infreq(EtudeR_clean))) +
  geom_bar(width = 0.7) +
  geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
            vjust = -0.5, size = 4) +
  ggtitle("Études des répondants représentées dans l'échantillon") +
  xlab("Étude du répondant") +
  ylab("Nombre de répondants") +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
  theme_minimal(base_size = 14) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),
        legend.position = "none",
        plot.title = element_text(face = "bold"))

#Fréquence des répondants par âge
ggplot(data, aes(x = fct_infreq(AgeR),
                    fill = fct_infreq(AgeR))) +
  geom_bar(width = 0.7) +
  geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
            vjust = -0.5, size = 4) +
  ggtitle("Âge des répondants représentées dans l'échantillon") +
  xlab("Âge du répondant") +
  ylab("Nombre de répondants") +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
  theme_minimal(base_size = 14) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),
        legend.position = "none",
        plot.title = element_text(face = "bold"))

#Fréquence des répondants par niveau de connaissance perçue en IA
ggplot(data, aes(x = fct_infreq(LittIA_4),
                    fill = fct_infreq(LittIA_4))) +
  geom_bar(width = 0.7) +
  geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
            vjust = -0.5, size = 4) +
  ggtitle("Perception du niveau de connaissance en IA des répondants représen
tées dans l'échantillon") +
  xlab("Niveau de connaissance en IA perçue du répondant") +
  ylab("Nombre de répondants") +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
  theme_minimal(base_size = 14) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),
        legend.position = "none",
        plot.title = element_text(face = "bold"))

#-----Statistiques sur La maturité numérique-----
-

```

```

#Etude du score de maturité numérique
#attention ne faire cela qu'après L'ACF, pour être sûr que le score est le bon

dfMN<-data.frame(data$Score_MN,data$dim1_MN,data$dim2_MN,data$dim3_MN)
summary(dfMN)

##  data.Score_MN      data.dim1_MN      data.dim2_MN      data.dim3_MN
##  Min.   : 7.15      Min.   :2.60      Min.   :2.25      Min.   :1.4
##  1st Qu.: 8.05      1st Qu.:3.00      1st Qu.:2.75      1st Qu.:3.2
##  Median :10.20      Median :3.80      Median :3.00      Median :3.4
##  Mean   : 9.79      Mean   :3.44      Mean   :3.15      Mean   :3.2
##  3rd Qu.:11.55      3rd Qu.:3.80      3rd Qu.:3.75      3rd Qu.:4.0
##  Max.   :12.00      Max.   :4.00      Max.   :4.00      Max.   :4.0

#-----Statistiques sur la Littératie en IA -----
--

dflittIA<-data.frame(data$Score_LittIA,data$LittIA_1_score,data$LittIA_2_score,
data$LittIA_3_score)
summary(dflittIA)

##  data.Score_LittIA data.LittIA_1_score data.LittIA_2_score data.LittIA_3_score
##  Min.   :13.0      Min.   :3.0      Min.   :5.0      Min.   :4.0
##  1st Qu.:13.0      1st Qu.:3.0      1st Qu.:6.0      1st Qu.:4.0
##  Median :14.0      Median :4.0      Median :6.0      Median :5.0
##  Mean   :15.2      Mean   :3.8      Mean   :5.8      Mean   :5.6
##  3rd Qu.:17.0      3rd Qu.:4.0      3rd Qu.:6.0      3rd Qu.:7.0
##  Max.   :19.0      Max.   :5.0      Max.   :6.0      Max.   :8.0

#----- Statistiques sur les projets en IA-----
--

#Fréquence des répondants par groupe d'adoption de l'IA

effectifs_groupes <- data %>%
  count(GroupeIA) %>%
  complete(GroupeIA = levels(data$GroupeIA), fill = list(n = 0))

# Affichage du tableau des effectifs
print(effectifs_groupes)

## # A tibble: 3 × 2
##   GroupeIA      n
##   <chr>      <int>
## 1 Aucun projet mené ni prévu      0

```



```
## 2 Pas encore de projet mené mais prévu      0
## 3 Projet mené                               5

ggplot(effectifs_groupes, aes(x = GroupeIA, y = n, fill = GroupeIA)) +
  geom_col() +
  geom_text(aes(label = n), vjust = -0.5) +
  labs(title = "Répartition des groupes d'adoption IA",
       x = "Groupe d'adoption IA",
       y = "Nombre de répondants") +
  scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
  theme_minimal(base_size = 14) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),
        legend.position = "none",
        plot.title = element_text(face = "bold"))

#Description groupe1 de GroupeIA : Entreprises ayant déjà mené un projet en IA
A

#Statistiques descriptives pour le nombre de projets (quantitative)

dataGroupeIA1 = subset(data, GroupeIA == "Projet mené")

summary(dataGroupeIA1$Nb_proj)

##      Min. 1st Qu.  Median    Mean 3rd Qu.    Max.
##      1.0     2.0     4.0    21.8    27.0    75.0

mean(dataGroupeIA1$Nb_proj, na.rm = TRUE)

## [1] 21.8

median(dataGroupeIA1$Nb_proj, na.rm = TRUE)

## [1] 4

sd(dataGroupeIA1$Nb_proj, na.rm = TRUE)

## [1] 31.61803

range(dataGroupeIA1$Nb_proj, na.rm = TRUE)

## [1]  1 75

#Histogramme des répondants par Nombre de projets en IA menés
ggplot(dataGroupeIA1, aes(x = Nb_proj)) +
  geom_histogram(binwidth = 1, fill = "steelblue", color = "black") +
  labs(title = "Distribution du nombre de projets menés",
       x = "Nombre de projets",
       y = "Nombre de répondants") +
  theme_minimal()

#Fréquence des répondants par date du premier projet en IA
ggplot(dataGroupeIA1, aes(x = fct_infreq(Premier_proj),
```

```

        fill = fct_infreq(Premier_proj))) +
geom_bar(width = 0.7) +
geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
          vjust = -0.5, size = 4) +
ggtitle("Date du premier projet pour les répondants ayant déjà mené un projet") +
xlab("Date du premier projet") +
ylab("Nombre de répondants") +
scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
theme_minimal(base_size = 14) +
theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),
      legend.position = "none",
      plot.title = element_text(face = "bold"))

#Fréquence des répondants par date de futur projet en IA
ggplot(dataGroupeIA1, aes(x = fct_infreq(Futur_proj),
                          fill = fct_infreq(Futur_proj))) +
geom_bar(width = 0.7) +
geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
          vjust = -0.5, size = 4) +
ggtitle("Date du futur projet pour les répondants ayant déjà mené un projet") +
xlab("Date du futur projet") +
ylab("Nombre de répondants") +
scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
theme_minimal(base_size = 14) +
theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),
      legend.position = "none",
      plot.title = element_text(face = "bold"))

#Description groupe2 de GroupeIA : Entreprises n'ayant pas encore mené un projet en IA mais en ont l'intention

#Fréquence des répondants par date de futur projet en IA

dataGroupeIA2 = subset(data, GroupeIA == "Pas encore de projet mené mais prévu")

ggplot(dataGroupeIA2, aes(x = fct_infreq(Futur_proj),
                          fill = fct_infreq(Futur_proj))) +
geom_bar(width = 0.7) +
geom_text(stat = "count", aes(label = ..count..),
          vjust = -0.5, size = 4) +
ggtitle("Date du futur projet pour les répondants n'ayant pas encore mené un projet en IA") +
xlab("Date du futur projet") +
ylab("Nombre de répondants") +
scale_fill_brewer(palette = "Set2") +
theme_minimal(base_size = 14) +
theme(axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1),

```

```

    legend.position = "none",
    plot.title = element_text(face = "bold"))

#Description groupe3 de GroupeIA : Entreprises ne souhaitant pas mener de pro
jet en IA

    #Combien sont ils

    #Pourquoi (non traité ici, analyser la question ouverte qui correspond à No
_proj)

#Histogramme des bénéfices en IA Les plus reportés par Les répondants

#labels des bénéfices en IA
labels_benefIA <- c(
  "Réduction des coûts",
  "Augmentation des profits",
  "Amélioration de l'efficacité des opérations",
  "Gain de productivité",
  "Automatisation de tâches",
  "Développement d'une nouvelle offre ou service",
  "Accroissement de la compétitivité",
  "Acquisition ou renforcement de l'expertise interne",
  "Croissance de l'organisation",
  "Aucun",
  "Autre")

# Comptage
counts_benefIA <- colSums(mat_benefIA)
# Tableau pour ggplot
df_benefIA <- data.frame(
  Benefice = labels_benefIA,
  Frequence = counts_benefIA
)
# Tri décroissant par fréquence
df_benefIA <- df_benefIA[order(-df_benefIA$Frequence), ]

# Graphique
ggplot(df_benefIA, aes(x = reorder(Benefice, -Frequence), y = Frequence)) +
  geom_bar(stat = "identity", fill = "skyblue") +
  labs(
    title = "Bénéfices de l'IA choisis par les répondants",
    x = "Bénéfice",
    y = "Nombre de répondants"
  ) +
  theme_minimal() +
  theme(

```

```

    axis.text.x = element_text(angle = 45, hjust = 1) # rotation des labels
  )

## Warning: Removed 1 row containing missing values or values outside the scale range
## (`geom_bar()`).

#Freins en IA

# Labels des freins
labels_freins <- c(
  "Coût d'acquisition trop important",
  "Rentabilité trop incertaine",
  "Coûts de maintenance trop importants",
  "Manque de clareté dans les lois",
  "Fonctionnement incompris par le groupe de direction",
  "Fonctionnement incompris par les employés",
  "Bénéfices incompris par le groupe de direction",
  "Bénéfices incompris par le groupe les employés",
  "Manque de connaissance quant aux utilisations",
  "Expertise interne en IA est trop faible",
  "Manque de soutien du développement de l'IA par le groupe de direction",
  "Manque de soutien du développement de l'IA par les employés",
  "Manque de soutien du développement de l'IA par les employés fournisseurs/ partenaires",
  "Manque de soutien du développement de l'IA par les clients",
  "Difficultés à identifier les partenaires en IA."
)

# Calcul de la moyenne par colonne
moyennes_freins <- colMeans(data[, colonnes_freins_code], na.rm = TRUE)

# Dataframe pour ggplot
df_freins <- data.frame(
  Frein = labels_freins,
  ScoreMoyen = moyennes_freins
)

# Tri décroissant
df_freins <- df_freins[order(-df_freins$ScoreMoyen), ]

# Graphique
ggplot(df_freins, aes(x = reorder(Frein, ScoreMoyen), y = ScoreMoyen)) +
  geom_bar(stat = "identity", fill = "tomato") +
  coord_flip() +
  scale_y_continuous(
    breaks = 0:4,
    labels = c("Pas du tout important", "Peu important", "Neutre", "Plutôt important", "Très important")
  ) +

```

```

labs(
  title = "Importance moyenne des freins à l'adoption de l'IA",
  x = "Frein",
  y = "Importance"
) +
theme_minimal()

#===== Comparaison entre Les groupes =====
#Représenter la répartition des adoptants de L'IA (GroupeIA) par secteur
data %>%
  count(SecteurE_clean, GroupeIA) %>%
  group_by(SecteurE_clean) %>%
  mutate(pourcentage = n / sum(n) * 100) %>%
  ggplot(aes(x = SecteurE_clean, y = pourcentage, fill = GroupeIA)) +
  geom_col(position = "dodge") +
  theme_minimal()

#Tester si il existe une différence de répartition de L'adoption de L'IA entr
e les secteurs

# Ce sont deux variables qualitatives donc test du Chi2
table_cont <- table(data$SecteurE_clean, data$GroupeIA)
chisq.test(table_cont)

## Warning in chisq.test(table_cont): L'approximation du Chi-2 est peut-être
## incorrecte

##
## Pearson's Chi-squared test
##
## data:  table_cont
## X-squared = NaN, df = 4, p-value = NA

#Test non paramétriques sur Le nombre d'employés
#kruskal.test(Nb_employE ~ GroupeIA, data = data)

#Test non paramétriques sur Le chiffre d'affaire
#kruskal.test(CAE ~ GroupeIA, data = data)

#Test non paramétriques sur Le secteur de L'entreprise
#kruskal.test(SecteurE ~ GroupeIA, data = data)

#===== 4)ANALYSES BIVARIÉES
=====

#Tests

#Présentation des résultats

#Exemple de présentation

```

```

library(tibble)
library(gt)

bivarie_results <- tibble(
  Variables_dependantes = c("SecteurE_clean", "Early_proj", "GroupeIA"),
  Variables_indep = c("GroupeIA", "SecteurE_clean", "Nb_proj_code"),
  Test_statistique = c("Chi²", "Kruskal-Wallis", "ANOVA"),
  Valeur_statistique = c("χ² = 15.3", "H = 5.67", "F = 4.21"),
  p_value = c(0.032, 0.017, 0.045),
  Conclusion = c("Significatif", "Significatif", "Significatif")
)

bivarie_results %>%
  gt() %>%
  tab_header(
    title = "Résultats des analyses bivariées",
    subtitle = "n = 84"
  ) %>%
  fmt_number(
    columns = p_value,
    decimals = 3
  ) %>%
  cols_label(
    Variables_dependantes = "Variables dépendantes",
    Variables_indep = "Variables indépendantes",
    Test_statistique = "Test",
    Valeur_statistique = "Valeur",
    p_value = "p",
    Conclusion = "Conclusion"
  )

```

ANNEXE G INTERSECTIONS DE SEGEMTS CODÉS DANS LES TRANSCRIPTIONS DES ENTREVUES

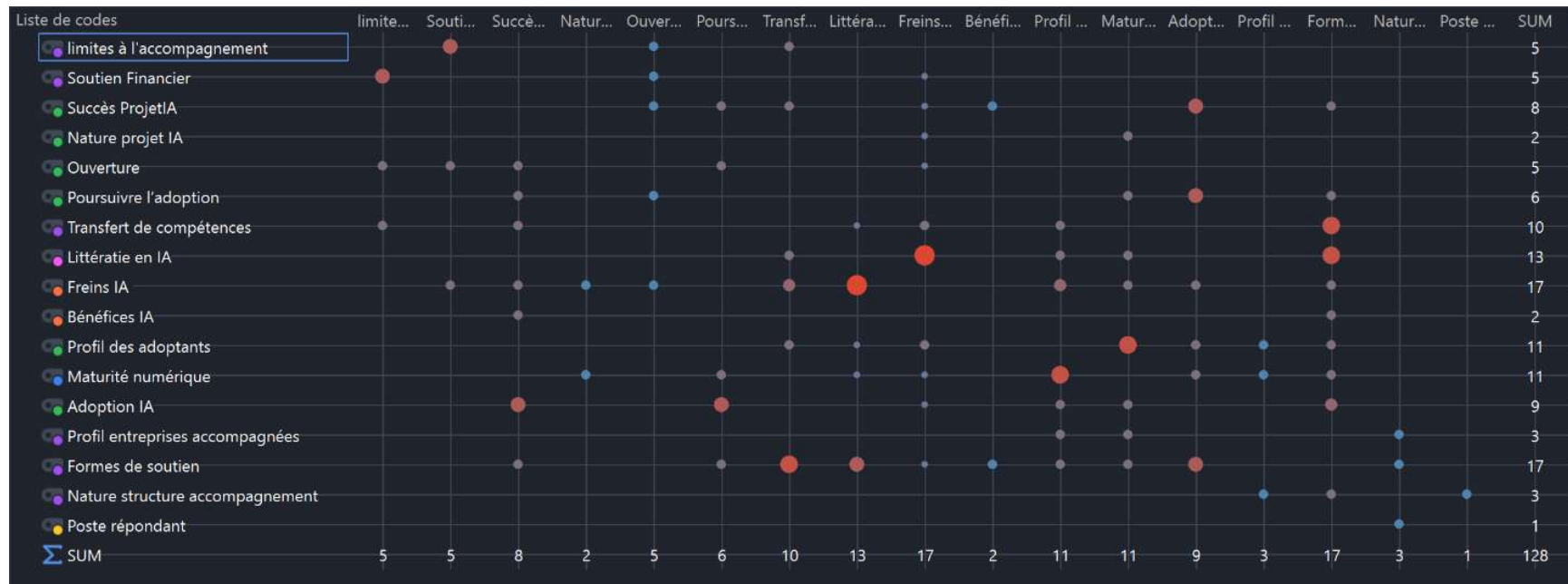


Figure G. 2 Fréquence des intersections des segments codés

ANNEXE H EXEMPLES DE CORRESPONDANCE CODE - TRANSCRIPTION

Tableau H. 2 Correspondances code - transcription

Liste de codes	Exemple de transcription associée
Limites à l'accompagnement	« Je ne suis pas sûre que le système actuel aide vraiment beaucoup les entreprises. » (Entrevue 11)
Soutien Financier	« Ça veut dire que si on fait ce genre d'initiative là ce sont des plus petits projets qui n'ont pas besoin d'être subventionnés pour être rentables pour les compagnies. Ça c'est une grande différence. Une PME qui a des petits projets, elle va avoir un intérêt à faire le projet rapidement pour bénéficier des retombées économiques du projet, ça va être plus rentable pour elle que d'attendre une subvention. » (Entrevue 13)
Succès Projet IA	« L'alignement stratégique, puis l'identification d'un vrai problème. C'est vraiment ce qui fait que ça fonctionne. » (Entrevue 7)
Nature projet IA	« Peut-être qu'on pense à l'estimation du prix ou de la perte de courant dans une batterie, donc une espèce de prédiction de valeur. » (Entrevue 3)
Ouverture	« Mais peut-être faudrait-il que l'on engage cette réflexion de retour d'expérience, puis de savoir ce dont ils ont besoin par rapport à nous? Et puis de quoi on a besoin par rapport à eux? » (Entrevue 2)
Poursuivre l'adoption	« Il ne faut pas se juste se demander quels sont les facteurs d'adoption, mais quels sont les facteurs de pérennisation si tu veux adopter, parce que tu as une vision qui te permet de voir plus loin. » (Entrevue 15)
Transfert de compétences	« Probablement l'aspect le où on pourra le plus influencer, c'est l'aspect des compétences. » (Entrevue 2)
Littératie en IA	« Le quatrième étant la formation, et la formation pas juste au sens upscaling. C'est que l'adoption peut être liée aussi à la littératie. » (Entrevue 15)
Freins IA	« Donc le plus gros frein, c'est que les entreprises arrivent avec une idée que ça va être une adoption technique » (Entrevue 1)
Bénéfices IA	« Les retours sur investissement il y a peut-être 5-6 catégories : coupure du temps, coupure de dépenses, augmentation, développement de nouveaux revenus, nouveaux marchés. » (Entrevue 7)

Tableau H. 3 Correspondances code – transcription (suite et fin)

Profil des adoptants	« C'est vraiment corrélé à la taille de l'entreprise » (Entrevue 4)
Maturité numérique	« Il y a cinq niveaux de maturité. Ce qu'on retrouve souvent, c'est que les entreprises sont probablement entre le premier niveau et le quatrième niveau. » (Entrevue 1)
Adoption IA	« L'adoption est souvent vu comme une adoption technique alors qu'en fait c'est une adoption adaptative » (Entrevue 1)
Profil entreprises accompagnées	« On a quand même des verticales où on est plus forts ; assurance et services financiers, manufacturiers; mais on a des clients un peu dans tous les secteurs d'activité. » (Entrevue 8)
Formes de soutien	« L'accompagnement des entreprises, des PME, c'est de vraiment s'approcher d'eux puis de comprendre comment on peut les soutenir, démystifier l'IA. » (Entrevue 1)
Nature structure accompagnement	« Eh bien ça c'est les quatre axes de l'organisation. C'est à peu près une soixantaine de personnes. » (Entrevue 15)
Poste répondant	« Je suis un des nombreux conseillers en transfert technologique. Mon rôle à moi est plus dans un axe stratégique en gestion de l'innovation » (Entrevue 15)