



## **RAPPORT DE STAGE**

**Appui à la gestion des projets innovants en intelligence artificielle à la direction de la recherche collaborative du ministère de l'économie, de l'innovation et de l'énergie du Québec**

Sous la direction de :

**M. Toky Rabetokotany**

Superviseur de stage

**M. Yves Francis Odia Ndongu**

Directeur académique

Par :

**Bi Toubouhi Hermann SEHI**

Candidat à la maîtrise en administration publique,

Concentration évaluation de programmes

Décembre 2022

## Table des matières

Liste des tableaux et figures .....	3
Liste des abréviations et sigles .....	4
Remerciements .....	5
Résumé .....	6
Introduction .....	7
1. Présentation de l'organisation.....	8
2. Mandat .....	10
2.1 Activités prévues.....	10
2.2 Livrables.....	11
3. Recension des écrits.....	11
3.1 Définition des concepts.....	11
3.2 Stratégie Québécoise de Recherche et Investissement en Innovation 2022-2027 .....	32
3.3 Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en IA.....	34
3.4 Stratégie québécoise d'intégration de l'IA dans l'administration publique 2021-2026 .....	36
4. Étude de cas : Processus et approche de la DRC dans le cadre du financement et de l'accompagnement des projets d'innovation en IA.....	38
4.1 Présentation de l'écosystème en innovation et en IA .....	38
4.2 Soutien aux projets d'IA .....	41
4.3 Quelques réalisations innovantes en IA .....	43
5. Analyse coût-avantage des projets en IA : enjeu social et évaluatif.....	45
5.1 Enjeu social des projets d'innovation en IA .....	45
5.2 Mesure de l'innovation comme enjeu évaluatif.....	46
6. Conclusion .....	51
Bibliographie.....	52
Annexes.....	56

## Liste des tableaux et figures

Tableau 1: Exemples de questions permettant d'établir si un projet relève de la R-D .....	12
Tableau 2: Classification des domaines de R-D.....	14
Tableau 3: Limites de la R-D .....	15
Tableau 4: Quatre objectifs possibles selon AIMA .....	22
Tableau 5: Principes de l'IA selon OCDE .....	25
Tableau 6: 23 principes de l'IA de la conférence d'Asilomar .....	25
Tableau 7: Principes de l'IA responsable.....	27
Tableau 8: Exigences d'une IA de confiance.....	29
Tableau 9: : Axes et actions clés de la SQRI <sup>2</sup> 2022-2027.....	33
Tableau 10: Orientations stratégiques et recommandations pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle .....	35
Tableau 11: RSRI en innovation .....	39
Figure 1: Organigramme du secteur science et innovation .....	9
Figure 2: Catégories d'innovation selon le manuel d'Oslo.....	18
Figure 3: Chaîne d'innovation d'un ministère du Québec .....	19
Figure 4: Exemples de projets dans différents secteurs de l'agroalimentaire pour chacun des maillons d'innovation.....	20
Figure 5 : Chronologie de l'évolution de l'IA (des années 50 à 2000).....	24
Figure 6: Interrelation des 7 exigences de l'IA de confiance.....	31
Figure 7: Parvenir à une IA de confiance tout au long du cycle de vie du SIA.....	31
Figure 8: Principes, axes et objectifs de la stratégie d'intégration de l'IA dans l'administration publique 2021-2026.....	37
Figure 9: Démarche de financement des projets par la DRC .....	43
Figure 10: Illustration de SAMI 4.0 installé derrière un tracteur.....	44
Figure 11: 9 niveaux de l'échelle TRL.....	49
Figure 12: Échelle IRL.....	50

## Liste des abréviations et sigles

ADRIQ	Association pour le développement de la recherche et de l'innovation du Québec
AIGO	Groupe d'experts sur l'intelligence artificielle de l'OCDE
AIMA	Artificial Intelligence: A Modern Approach
ALICE	Artificial Linguistic Internet Computer Entity
CAR	Collaborative Action Research
CCTT	Centre collégial de transfert de technologie
CIM	Centre for Intelligent Machines
CQDM	Consortium de recherche biopharmaceutique
CQRDA	Centre québécois de recherche et de développement de l'aluminium
CQVB	Centre québécois de valorisation des biotechnologies
CRAAQ	Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec
CRIAQ	Consortium de recherche et d'innovation en aérospatiale au Québec
CRIBIQ	Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec
CRIM	Centre de recherche informatique de Montréal
CRITM	Consortium de recherche et d'innovation en transformation métallique
DR	Délai de rendement
FCI	Fondation Canadienne pour l'Innovation
FRQ	Fonds de Recherche du Québec
FRQNT	Fonds de Recherche du Québec- Nature et Technologies
GE	Grande entreprise
GSG	Groupe de stratégie globale
IA	Intelligence Artificielle
ICRA	Institut canadien de recherches avancées
IID	Institut intelligence et données
INNOVÉE	Innovation en énergie électrique
IRL	Innovation readiness Level
ITA	Institut de technologie agroalimentaire
IVADO	Institut de valorisation des données
MAPAQ	Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec.
MDEIE	Ministère du Développement économique, de l'Innovation et de l'Exportation
MEI	Ministère de l'Économie et de l'innovation
MEIE	Ministère de l'Économie, de l'innovation et de l'Énergie
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
PME	Petite et moyenne entreprise
PRIMA	Pôle de Recherche et d'Innovation en Matériaux Avancés
PSO	Programme de Soutien aux Organismes de recherche et d'innovation
RAC	Ratio avantage-coût
R-D	Recherche et développement
RSRI	Regroupements sectoriels de recherche industrielle
SIA	Système d'Intelligence Artificielle
SQDA	Stratégie québécoise de développement de l'aluminium
SQRIP	Stratégie Québécoises de Recherche et d'Investissement en Innovation
STIM	Science, technologie, ingénierie et mathématiques
TRI	Taux de rendement interne
TRL	Technology readiness Level
UQAM	Université du Québec à Montréal
VAN	Valeur actuelle nette

## Remerciements

La rédaction de ce rapport, s'inscrivant dans le cadre du stage que j'ai effectué pour la fin de ma maîtrise en administration publique – concentration évaluation de programmes – à l'École Nationale d'Administration Publique (ÉNAP), est le fruit du soutien et de la contribution de plusieurs personnes que je tiens à remercier sincèrement :

- Madame Daria Riabinina, Directrice de la Direction de la recherche collaborative (DRC) du ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (MEIE) pour son accompagnement ;
- Monsieur Samuel Morissette, ex-Directeur par intérim de la DRC, pour son accueil chaleureux et son accompagnement tout le long de mon stage ;
- Monsieur Toky Rabetokotany, coordonnateur et superviseur de stage, pour m'avoir donné l'opportunité de faire mon stage au sein de la DRC ;
- Monsieur Philippe Duguay, conseiller en innovation et spécialiste en intelligence artificielle (IA), pour son accompagnement et ses conseils avisés ;
- M. Yves Francis Odia Ndong, directeur académique, qui a su me donner l'orientation nécessaire pour la réussite de ce stage ;
- Toute l'équipe de la DRC, pour sa disponibilité et son accompagnement constant;
- Mon épouse et mes enfants, pour leur patience et leur soutien tout au long de mon cheminement universitaire.

## Résumé

La Stratégie québécoise de recherche et d'investissement en innovation (SQRI<sup>2</sup>) 2022-2027, dévoilée le 19 mai 2022 par le MEIE, traduit la vision gouvernementale en matière de développement de l'innovation. Elle a pour but de faire du Québec un acteur mondial de premier plan dans le domaine de l'innovation et d'augmenter la richesse économique et sociale de l'État à travers des investissements de plus en plus importants afin d'augmenter la prospérité de tous les Québécois. Le MEIE à travers le secteur de la science et de l'innovation, auquel la DRC est rattachée, est un acteur principal dans la conduite de cet ambitieux plan.

Dans ce contexte et dans le cadre de notre stage à la DRC, nous avons mené une analyse documentaire sur le domaine de l'innovation et de l'intelligence artificielle dans les pays de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et au Québec afin de mieux en cerner les enjeux.

Ce stage nous a permis d'identifier le processus de financement des projets en innovation notamment en IA à travers des programmes de financement, et de mieux cerner le principe derrière la démarche collaborative qui guide les relations entre les différents acteurs de l'écosystème de l'innovation et celui de l'IA. Aussi a-t-il permis de mieux relever les balises permettant d'offrir une IA de confiance aux entreprises. Cette IA de confiance doit respecter les exigences suivantes :

- action humaine et contrôle humain sur le traitement ;
- robustesse technique et sécurité du traitement ;
- respect de la vie privée et gouvernance des données ;
- transparence autour du traitement ;
- diversité, non-discrimination et équité ;
- impact environnemental et sociétal ;
- responsabilités associées au traitement.

## Introduction

L'OCDE, fondée le 14 décembre 1960, s'est donnée pour mission de réaliser la plus forte expansion possible de l'économie, de l'emploi et du niveau de vie dans les États membres, de contribuer à une saine expansion de l'économie dans les pays non-membres et en voie de développement, et de contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale. Depuis cette date, l'OCDE a développé ses compétences dans un nombre important et toujours croissant de domaines notamment l'éducation à la gouvernance publique, l'énergie, l'environnement, et l'emploi aux nouvelles technologies (Représentation permanente de la France auprès de l'OCDE, 2021). Pour réussir son pari, l'OCDE organise, chaque automne, une réunion des états membres pour réfléchir sur la stratégie de l'organisation. Les pays de l'OCDE ont davantage investi dans la recherche et le développement (R-D) pour doper leurs performances économiques et rester compétitifs face à des économies comme la Chine dont les moyens progressent rapidement. Entre 1995 et 2002, la Chine a doublé ses dépenses de R-D qui, en pourcentage du PIB, sont passées de 0.6 % à 1.2 %. Sur la même période, Israël a porté ses dépenses de 2.74 % à 4.72 % de son PIB, soit le taux le plus élevé de tous les pays de l'OCDE. À titre de comparaison, la dépense globale de R-D de l'ensemble des pays de l'OCDE n'a que peu augmenté, en valeur relative, passant de 2.09 % à 2.26 % du PIB (OCDE, s.d.). Ainsi, le Canada s'était fixé l'objectif d'être parmi les cinq premiers pays de l'OCDE en termes d'investissement dans la R-D dans les années à venir. Dans le souci d'obtenir de meilleures performance en innovation, en 2018, la rencontre du groupe de stratégie globale (GSG) de l'OCDE a eu comme thème « Promouvoir l'innovation et sa diffusion pour construire le monde de demain : des enjeux locaux aux défis et opportunités de dimension mondiale » afin d'encourager l'innovation au service de la productivité, de la durabilité et de l'inclusivité et de maîtriser les défis mondiaux de l'innovation (Représentation permanente de la France auprès de l'OCDE, 2018).

Au Québec, le gouvernement a l'ambition d'augmenter la prospérité de tous les Québécois. La recherche et l'investissement en innovation sont au cœur de cette vision d'avenir. Cela repose sur la commercialisation de nouvelles technologies, l'intensification de la culture de l'innovation et la solidification des synergies entre le milieu de la recherche et des entreprises œuvrant dans des secteurs stratégiques pour le Québec (MEIE, 2022). Ainsi, au fil des années, le Québec s'est doté d'une base de recherche scientifique de calibre international et des liens se sont tissés entre les acteurs de l'écosystème de la recherche et de l'innovation. Le Québec s'est positionné comme leader dans des domaines de pointe tels que l'IA et les technologies

quantiques (MEIE, 2022). L'adoption de la Stratégie québécoise de recherche et d'investissement en innovation (SQRI<sup>2</sup> 2022-2027) comme pilier de l'écosystème de l'innovation traduit l'ambition du Québec de se hisser au sommet sur le plan mondial dans le secteur de l'innovation notamment en IA. Pour relever ce défi, le MEIE est structuré en plusieurs secteurs stratégiques dont celui de la science et de l'innovation (organigramme en annexe 1). La DRC soutient la recherche et l'innovation au sein des entreprises en favorisant les interactions entre les différents acteurs du système d'innovation et contribue à l'amélioration de la compétitivité et au développement des entreprises tout en maximisant leurs retombées socio-économiques pour le Québec.

Ce rapport s'inscrit donc dans le cadre d'un stage en administration publique avec concentration en évaluation de programmes à l'ÉNAP, stage effectué en réponse notamment aux besoins exprimés par la DRC.

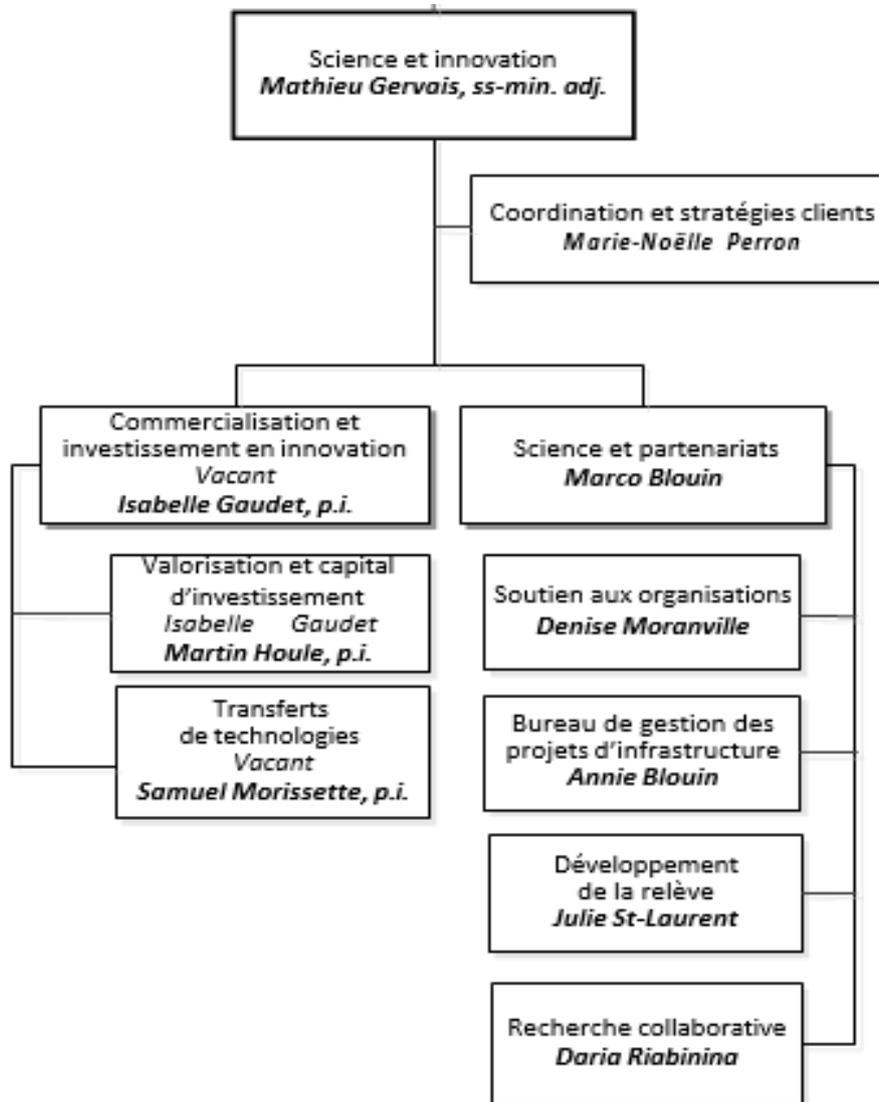
## **1. Présentation de l'organisation**

### ***Le MEIE***

Le MEIE du Québec, auparavant ministère du Développement Économique, de l'Innovation et de l'Exportation (MDEIE) de 2005 à 2012, devint successivement le ministère des Finances et de l'Économie de 2012 à 2014, le ministère de l'Économie, de l'Innovation et des Exportations de 2014 à 2016, le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation de 2016 à 2018 et le ministère de l'Économie et de l'Innovation de 2018 à septembre 2022 avant de prendre sa dénomination actuelle de ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie (Wikipédia, 2022). Sa mission est de soutenir la croissance et la productivité des entreprises, l'entrepreneuriat, la recherche, l'innovation et sa commercialisation, l'investissement ainsi que le développement numérique et celui des marchés d'exportation (MEIE, 2022). Il comprend cinq secteurs dans son organigramme, à savoir : le secteur des politiques économiques et affaires extérieures; le secteur des industries stratégiques et projets économiques majeurs; le secteur de l'énergie; le secteur entrepreneuriat, compétitivité des entreprises et des régions et enfin; le secteur de la science et de l'innovation.

## **Le secteur science et innovation**

Figure 1: Organigramme du secteur science et innovation



Source : ministère de l'Économie, de l'innovation et de l'énergie

La DRC est rattachée à la Direction générale de la science et partenariats.

## **La DRC**

Au sein du secteur science et innovation du MEIE, la DRC soutient les projets de recherche et d'innovation en favorisant les interactions entre les différents acteurs du système d'innovation. À travers ce mandat, la DRC contribue à l'amélioration de la compétitivité et au développement des entreprises tout en maximisant leurs retombées socio-économiques pour le Québec. Ainsi, pour atteindre ses objectifs, la DRC élabore des stratégies pour le développement de la recherche et l'innovation et accompagne les organismes d'intermédiation, notamment les

regroupements sectoriels de recherche industrielle (RSRI), afin d'appuyer la recherche collaborative impliquant les entreprises, les centres de recherches et autres organismes de recherche et d'innovation dans des créneaux stratégiques. Aussi favorise-t-elle l'accès à des mesures d'aide appropriées aux différentes étapes de maturité d'innovation et fournit-elle une expertise-conseil sur des projets de recherche et d'innovation.

## **2. Mandat**

Le mandat, dans le cadre du stage à la DRC, s'inscrivait dans l'accompagnement au niveau opérationnel de la DRC notamment le comité IA et consistait à :

- appuyer la gestion de projets d'innovation technologique en soutenant les conseillers dans le traitement des dossiers déposés, dans le suivi des projets en cours et la mise en œuvre du financement et l'autorisation des aides financières ;
- mettre à jour les données de suivi de projets dans le système d'information en complétant, corrigeant et mettant à jour les données sur les clients, leurs demandes, leurs projets en cours, et les indicateurs de rendement ;
- soutenir les conseillers en répondant aux demandes ad hoc : recherche, analyse, traitement de données et rédaction ;
- contribuer activement à la recherche de solutions aux défis auxquels les équipes sont confrontées dans la mise en œuvre des mesures de recherche et d'innovation.

### **2.1 Activités prévues**

Les activités prévues pour la réalisation du mandat consistent en :

- la réception des dossiers des projets en IA et préparation des comités d'évaluation ;
- la participation active aux Comités d'évaluation des projets IA ;
- la participation active à l'évaluation de conformité et à la communication avec les demandeurs ;
- la production des documents d'aides financières, contribution à la mise en œuvre et à la documentation ;
- la contribution active aux réflexions budgétaires ;
- la rencontre avec les bénéficiaires et discussions sur la mise en œuvre : réflexion stratégique sur les initiatives ;
- la production des documents administratifs aux fins des cheminements des décrets ministériels et conventions d'aide financière.

## 2.2 Livrables

Pour la fin du stage, un rapport faisant état de la contribution et des réalisations du stage était à produire. Ce rapport comprend les quatre principaux livrables suivants :

- familiarisation avec l'ensemble des livrables et initiatives ;
- contribution à l'appel de projets en IA ;
- élaboration de 5 à 6 décrets ministériels ;
- contribution aux analyses des projets et aux processus de financement des projets collaboratifs soumis à la DRC (secteurs cibles, autres que l'IA), ainsi que des organismes partenaires.

## 3. Recension des écrits

### 3.1 Définition des concepts

Ce chapitre traite de la définition des concepts clés rencontrés dans la littérature en lien avec la recherche collaborative, l'innovation et l'IA afin de lever certaines confusions dans leur utilisation.

#### *Recherche et développement (R-D)*

La recherche peut être parfois confondue à l'innovation. La recherche est un maillon de la chaîne pouvant mener à l'innovation. Ainsi, selon Dubé (2012), elle contribue au développement économique lorsque le savoir-faire est transmis des chercheurs aux utilisateurs et que ceux-ci l'intègrent dans leurs façons de faire. Bien que la recherche joue un rôle essentiel dans le processus d'innovation des entreprises, d'autres facteurs y contribuent grandement, tels que les interactions avec d'autres entreprises, des organismes de recherche et des universités, ainsi que la présence d'un personnel hautement qualifié nécessaire pour faciliter l'application des nouvelles technologies au sein de l'organisation (Dubé, 2012).

Selon le Manuel de Frascati (2015), la R-D expérimentale englobe les activités créatives et systématiques entreprises en vue d'accroître la somme des connaissances y compris la connaissance de l'humanité, de la culture et de la société et de concevoir de nouvelles applications à partir des connaissances disponibles (OCDE, 2016). La définition de l'Insee s'inscrit dans la droite ligne de celle de l'OCDE. Les activités de R-D présentent un ensemble de caractéristiques communes quels que soient le secteur et les acteurs, que ses objectifs soient spécifiques ou généraux. La R-D vise toujours à obtenir des résultats nouveaux à partir de concepts et de leur interprétation ou d'hypothèses présentant un caractère original même si on

ignore pour une grande part à quoi elle aboutira. Son exécution est planifiée et les modalités de son financement établie et ses résultats sont censés pouvoir être librement transférés ou négociés sur un marché (OCDE, 2016).

Pour être considérée comme relevant de la R-D, une activité doit remplir cinq critères de base que sont :

- le critère de nouveauté qui vise à obtenir des résultats nouveaux ;
- le critère de la créativité repose sur des notions et hypothèses originales et non évidentes;
- le critère de l'incertitude qui revêt un caractère incertain quant au résultat final ;
- le caractère systématique qui s'inscrit dans une planification et une budgétisation ;
- la transférabilité et/ou reproductibilité qui débouche sur des résultats qu'il est possible de reproduire.

*Tableau 1: Exemples de questions permettant d'établir si un projet relève de la R-D*

Question	Observation
a. Quels sont les objectifs du projet ?	La poursuite d'objectifs originaux et ambitieux à travers la création de « nouvelles connaissances » (par exemple, découvrir des phénomènes, structures ou relations encore inconnus) constitue une caractéristique essentielle de la R-D. On n'a pas affaire à de la R-D quand des connaissances déjà disponibles sont utilisées (à des fins d'adaptation, de personnalisation, etc.), sans intention d'élargir l'état des connaissances (critère de nouveauté).
b. Quel élément de nouveauté ce projet contient-il ?	Outre le développement de « nouvelles connaissances », un projet de R-D devrait suivre une démarche de création, par exemple imaginer de nouvelles applications pour des connaissances scientifiques existantes ou de nouveaux usages pour les techniques ou technologies disponibles (critère de créativité).
c. Quelles sont les méthodes utilisées pour le mener à bien ?	Les méthodes de recherche scientifique et technologique, ainsi que celles employées en sciences sociales, en sciences humaines et dans les arts, sont acceptées sous réserve qu'elles traitent de l'incertitude entourant l'issue finale du projet. Cette incertitude peut concerner le temps et le volume de ressources nécessaires pour atteindre l'objectif prévu. Le choix méthodologique pourrait faire partie de la composante créative du projet et constituer un moyen de faire face à l'incertitude (critères de créativité et d'incertitude).
d. Quelle est l'applicabilité générale des conclusions ou résultats du projet ?	Pour être généralement applicables, les conclusions d'un projet de R-D doivent être transférables/reproductibles, en plus de satisfaire aux quatre autres critères. Par exemple, les résultats peuvent être transférés moyennant leur publication dans des ouvrages ou revues scientifiques et le recours aux instruments de protection de la propriété intellectuelle.
e. Quelles catégories de personnel sont affectées au projet ?	La mise en œuvre d'un projet de R-D requiert normalement la mobilisation d'une panoplie de compétences (la question du personnel de R-D est examinée dans le chapitre 5 du Manuel). Le personnel de recherche associé à ces projets est composé de chercheurs, de techniciens et de personnel de soutien, mais seule la participation de chercheurs en tant que tels doit être constatée pour qualifier de R-D une activité satisfaisant implicitement aux cinq critères de base.
f. Dans quelle catégorie classer les projets de recherche des établissements de recherche ?	Dans certains cas, on se fondera sur la nature de l'établissement. Ainsi, la plupart des projets menés au sein d'établissements de recherche ou d'universités de recherche peuvent être qualifiés de projets de R-D. Ceux engagés par d'autres acteurs (entreprises commerciales ou établissements non exclusivement dédiés à la R-D) devraient être analysés sur la base des cinq critères de la R-D (voir la description des secteurs dans le chapitre 3).

Source : OCDE 2016, Manuel de Frascati 2015

La R-D englobe trois types d'activités (OCDE, 2016) :

- la recherche fondamentale qui consiste en des travaux de recherche expérimentaux ou théoriques entrepris principalement en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les fondements des phénomènes et des faits observables, sans envisager une application ou une utilisation particulière ;
- la recherche appliquée qui consiste en des travaux de recherche originaux entrepris en vue d'acquérir de nouvelles connaissances et dirigés principalement vers un but ou un objectif pratique déterminé ;
- le développement expérimental qui consiste en des travaux systématiques – fondés sur les connaissances tirées de la recherche et l'expérience pratique et produisant de nouvelles connaissances techniques – visant à déboucher sur de nouveaux produits ou procédés ou à améliorer les. produits ou procédés existants.

Les spécialistes qui réalisent des enquêtes et les utilisateurs de données jugent souvent utile et pertinent de classer les unités exécutantes de R-D et de répartir les ressources qu'elles y consacrent par domaine de connaissances. Ainsi, L'OCDE propose une classification des domaines de R-D reposant sur la notion de contenu afin de faciliter la définition des mesures.

Tableau 2: Classification des domaines de R-D

Catégorie générale	Sous-catégorie
1. Sciences naturelles	1.1 Mathématiques 1.2 Informatique et sciences de l'information 1.3 Sciences physiques 1.4 Sciences chimiques 1.5 Sciences de la terre et de l'environnement 1.6 Sciences biologiques 1.7 Autres sciences naturelles
2. Ingénierie et technologie	2.1 Génie civil 2.2 Génie électrique, électronique, informatique 2.3 Mécanique 2.4 Génie chimique 2.5 Génie des matériaux 2.6 Génie médical 2.7 Génie de l'environnement 2.8 Biotechnologie environnementale 2.9 Biotechnologie industrielle 2.10 Nanotechnologie 2.11 Autres sciences de l'ingénieur et technologies
3. Sciences médicales et sciences de la santé	3.1 Médecine fondamentale 3.2 Médecine clinique 3.3 Sciences de la santé 3.4 Biotechnologie médicale 3.5 Autres sciences médicales
4. Sciences agricoles et vétérinaires	4.1 Agriculture, sylviculture et pêches 4.2 Sciences de l'animal et du lait 4.3 Science vétérinaire 4.4 Biotechnologie agricole 4.5 Autres sciences agricoles
5. Sciences sociales	5.1 Psychologie et sciences cognitives 5.2 Économie et commerce 5.3 Éducation 5.4 Sociologie 5.5 Droit 5.6 Science politique 5.7 Géographie sociale et économique 5.8 Médias et communications 5.9 Autres sciences sociales
6. Sciences humaines et arts	6.1 Histoire et archéologie 6.2 Langues et lettres 6.3 Philosophie, éthique et religion 6.4 Arts (arts plastiques, histoire de l'art, arts de la scène, musique) 6.5 Autres sciences humaines

Source : OCDE 2016, Manuel de Frascati 2015

Certaines notions, considérées à tort ou à raison comme R-D, doivent être connues et incluses dans la R-D ou exclues de la R-D (OCDE,2016).

Tableau 3: Limites de la R-D

	Traitement requis	Observations
Prototypes	À inclure dans la R-D	Tant que l'objectif premier est d'apporter de nouvelles améliorations.
Installation pilote	À inclure dans la R-D	Tant que l'objectif premier est de mener des activités de R-D.
Design industriel	À inclure en partie dans la R-D	Inclure les tâches requises au stade de la R-D et exclure celles liées au processus de production.
Ingénierie industrielle et outillage	À inclure en partie dans la R-D	Inclure la R-D « supplémentaire » ainsi que les activités d'outillage et d'ingénierie industrielle associées aux procédés d'innovation. Exclure celles liées aux procédés de production.
Production à titre d'essai	À inclure en partie dans la R-D	Inclure si la production requiert des essais en vraie grandeur et donc de nouvelles études de conception et d'ingénierie. Exclure toutes les autres activités connexes.
Développement préalable à la production	À exclure de la R-D	
Service après-vente et détection de pannes	À exclure de la R-D	Sauf la R-D « supplémentaire » (à inclure).
Travaux relatifs aux brevets et licences	À exclure de la R-D	Toutes les formalités administratives et juridiques liées au dépôt de brevets et à la délivrance de licences (la documentation issue des projets de R-D relève de la R-D). En revanche, les travaux relatifs aux brevets qui ont un lien direct avec les projets de R-D relèvent de la R-D.
Tests de routine	À exclure de la R-D	Même s'ils sont effectués par du personnel de R-D.
Collecte de données	À exclure de la R-D	Sauf lorsque l'exercice fait partie intégrante de la R-D.
Respect des obligations courantes liées aux services publics d'inspection et de contrôle, à l'application des normes, aux réglementations	À exclure de la R-D	

Source : OCDE 2016, Manuel de Frascati 2015

### **Recherche collaborative**

La recherche collaborative s'inscrit dans le cadre des recherches dites participatives parmi lesquelles on retrouve également la recherche-intervention, la recherche-action, la recherche formation. Elle naît dans les années quatre-vingt-dix avec la collaboration de chercheurs-formateurs avec des enseignants dans les écoles (Bednarz, 2015). La conceptualisation de cette démarche de recherche donne naissance à la recherche collaborative au Québec pour répondre à une double préoccupation notamment la volonté de rapprochement entre le monde de la

recherche et l'univers de la pratique professionnelle et la vision selon laquelle la recherche éclaire quelque chose de la pratique, mais laisse les praticiens extérieurs à la démarche, et ne prend pas en compte leurs questions relativement à leur profession (Bednarz, 2015). Selon le même auteur, la recherche collaborative est reconnue comme un courant de recherche parce qu'elle fait partie des méthodologies de recherche présentées aux étudiants de doctorat dans le cadre de leur formation dans les universités, et qu'il est possible d'obtenir des fonds pour la recherche de la part des organismes subventionnaires, en proposant un projet s'inscrivant dans une démarche de recherche collaborative, comme pour d'autres projets conduits selon d'autres démarches de recherche. La recherche collaborative constitue parfois une condition d'obtention de subvention pour la recherche. La co-construction est un élément central dans cette démarche méthodologique. Desgagné (1997) abonde dans le même sens que Bednarz. Pour cet auteur, l'approche collaborative se conceptualise autour de trois énoncés, même si cette perspective ne prétend pas couvrir tous les aspects de la recherche collaborative :

- l'approche collaborative suppose une démarche de co-construction entre les partenaires concernés ;
- elle joue sur deux registres à la fois, soit celui de la production de connaissances et celui du développement professionnel des praticiens ;
- elle contribue au rapprochement, voire à la médiation entre communauté de recherche et communauté de pratique.

Aux États-Unis et au Canada, selon les auteurs Mitchell, Reilly et Logue (2009), les recherches collaboratives inscrites comme modèle dans les *School-university Collaborative Action Research (CAR)* mettent au premier plan une nécessaire communauté d'apprentissage interprofessionnelle notamment entre chercheurs, formateurs, enseignants et étudiants afin d'aider les débutants à construire leur professionnalité (Vinatier et Morrissette, 2015). La recherche collaborative est, à ce jour, vivement conseillée par la Commission Européenne pour la mise en commun des compétences d'acteurs sur un même projet de type Recherche et Innovation en vue de trouver des solutions aux besoins des acteurs économiques (Vinatier et Morrissette, 2015).

Selon Lefrançois (1997), dans la documentation, la recherche collaborative n'est pas présentée comme une méthode de recherche, ni comme une nouvelle approche scientifique. C'est plutôt un concept utilisé pour désigner les différentes formes de partenariat impliquant la coopération entre des acteurs sociaux, intervenants et chercheurs. Cependant il soutient que la recherche

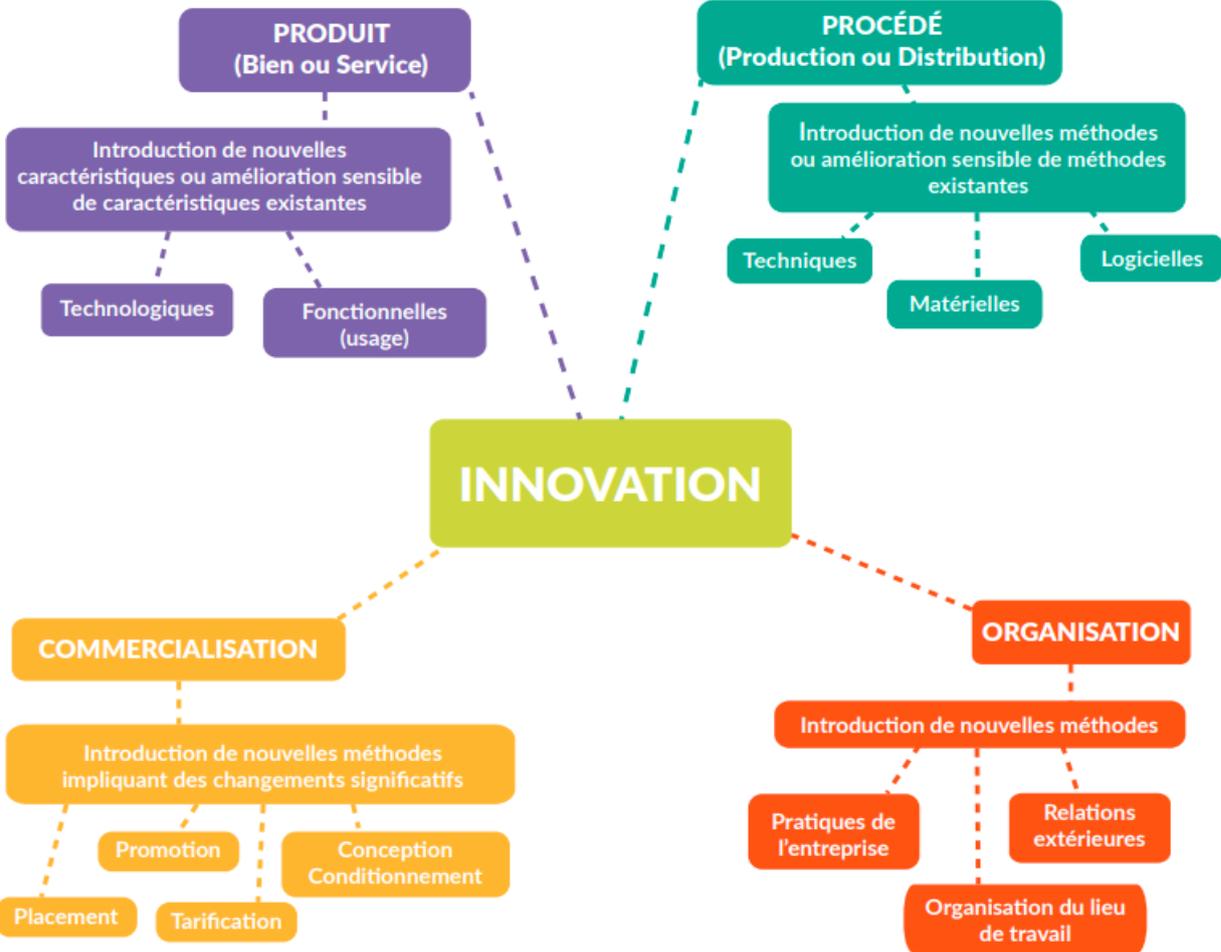
collaborative est une démarche d'investigation scientifique multifinalisée impliquant une coopération étroite entre des personnes œuvrant dans le domaine de la recherche et de l'intervention, et, éventuellement, entre des gestionnaires et des bénéficiaires dans le cadre de son travail en gérontologie. Dans son essai de définition de la recherche collaborative, Lefrançois (1997) donne une définition générale qui recouvre les principaux éléments relevés dans la littérature et traduit l'essentiel des préoccupations concrètes observées sur le terrain. Ainsi, la recherche collaborative est définie comme une stratégie planifiée d'investigation scientifique et d'intervention, structurée autour du modèle de la concertation interdisciplinaire et intersectorielle, et une stratégie d'intégration des connaissances théoriques et pratiques dont le but est d'accroître le niveau de compétence des partenaires et de compréhension d'une problématique multiple et complexe en vue d'y apporter des solutions novatrices, efficaces et efficientes (Lefrançois, 1997).

### **Innovation**

Selon l'OCDE (2016), dans sa troisième édition du Manuel d'Oslo, l'innovation se définit comme la mise en œuvre d'un produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques d'une entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures. De cette définition, il apparaît qu'une innovation doit comporter un élément nouveau. L'OCDE distingue donc trois types de nouveauté à prendre en compte dans cette définition : la nouveauté pour l'entreprise qui se rapporte à la diffusion d'une innovation déjà existante auprès d'une entreprise, la nouveauté pour le marché qui consiste pour une entreprise, à être la première à lancer un produit sur le marché et la nouveauté pour le monde entier pour laquelle l'entreprise est la première à lancer un produit innovant qui n'existe sur aucun marché ni dans aucun secteur d'activité dans le monde entier (OCDE, 2016). D'autres organisations telles que l'Institut national de la statistique et des études économiques (Insee) abondent dans le sens que l'OCDE, même si sa définition a une connotation plus économique. L'Insee désigne l'innovation comme l'introduction sur le marché d'un produit ou d'un procédé nouveau ou significativement amélioré par rapport à ceux précédemment élaborés par l'unité légale et distingue deux types d'innovation à savoir les innovations de produits (biens ou services) et de procédés incluant les innovations d'organisation et de marketing (Insee. S.d.). Certains auteurs comme Christensen (1997), bien qu'abondant dans le même sens, décrivent une typologie plus dynamique et opérationnelle de l'innovation. Il distingue les innovations de continuité ou sustaining innovation par lesquelles les modèles vieillissants sont remplacés par

de nouveaux modèles à l’instar des véhicules hybrides et électriques, les innovations d’efficacité réduisant le coût de la production et de la distribution des produits et services existants comme l’offre de services publics en ligne et les innovations transformatrices ou empowering innovation qui transforment des produits compliqués, coûteux et peu accessibles, en produits simples pour le plus grand nombre. (Christensen, 1997).

Figure 2: Catégories d’innovation selon le manuel d’Oslo

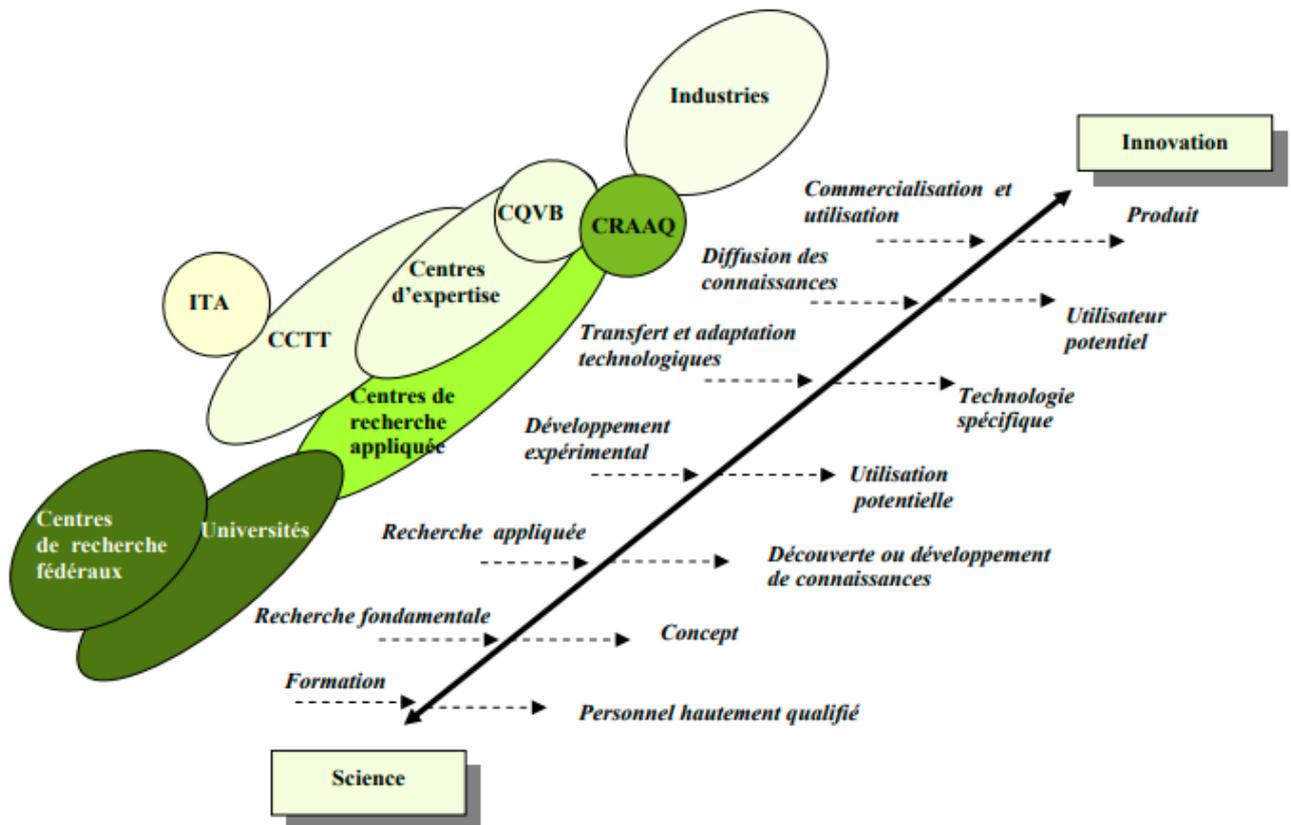


Source : OCDE, 2005

En vue d’engendrer une plus forte expansion de son économie et du commerce mondial, le Québec s’est inscrit résolument dans l’investissement dans le domaine de l’innovation tant pour le développement et le rayonnement des entreprises québécoise que l’efficacité et l’efficacité des ministères et administrations publiques locales. Le ministère de l’Agriculture, Pêcherie et Alimentation du Québec (MAPAQ) est un exemple de cette orientation politique et économique

avec une définition claire et précise de sa chaîne d'innovation afin de maximiser ses performances.

Figure 3: Chaîne d'innovation d'un ministère du Québec



Source : Dubé, C. (2012). L'INNOVATION DÉFINITIONS ET CONCEPTS. Ministère de l'Agriculture, Pêcherie et Alimentation du Québec MAPAQ.

Six maillons de la chaîne d'innovation ont été définis par l'OCDE (Dubé, 2012) :

- **la recherche fondamentale** qui consiste à entreprendre des travaux expérimentaux ou théoriques en vue d'acquérir de nouvelles connaissances sur les fondements des phénomènes et des faits observables, sans envisager une application ou une utilisation particulière ;
- **la recherche appliquée** qui consiste également à effectuer des travaux originaux afin d'acquérir de nouvelles connaissances dans un but ou un objectif pratique déterminé ;
- **le développement expérimental** qui implique l'exécution de travaux systématiques fondés sur des connaissances existantes obtenues par la recherche ou l'expérience pratique et ayant pour objectif de lancer la fabrication de nouveaux matériaux, produits

ou dispositifs, d'établir de nouveaux procédés, systèmes et services ou d'améliorer considérablement ceux qui existent déjà ;

- **l'adaptation technologique** nécessite la réalisation d'un ensemble de travaux selon une méthodologie rigoureuse et a pour but de modifier une technologie ou un procédé existant pour l'adapter aux entreprises utilisatrices ;
- **le transfert technologique** s'effectue par des travaux qui consistent à transformer une technologie, une connaissance ou une information non exploitée en une pratique que les entreprises peuvent utiliser pour mettre au point de nouveaux produits ou procédés ;
- **la diffusion** est la manière dont les innovations se répandent après leur toute première application, par l'intermédiaire des mécanismes du marché ou autrement, parmi la clientèle ou dans des pays, des régions, des secteurs, des marchés et des entreprises. Sans diffusion, une innovation n'aura pas d'incidence économique.

Figure 4: Exemples de projets dans différents secteurs de l'agroalimentaire pour chacun des maillons d'innovation



Source : Dubé, C. (2012). *L'INNOVATION DÉFINITIONS ET CONCEPTS*. Ministère de l'Agriculture, Pêcherie et Alimentation du Québec MAPAQ.

Il importe de rappeler cependant, dans le cadre de la définition du concept d'innovation, certains changements ne constituent pas des innovations :

- la cessation de l'utilisation d'un procédé, d'une méthode de commercialisation, d'une méthode d'organisation ou la commercialisation d'un produit ;
- les changements de tarifs découlant uniquement de la variation du prix des facteurs tels que la diminution du prix d'un ordinateur du fait de la diminution du prix des composants ;
- la production ou la fabrication de nouveaux produits personnalisés à la demande d'un client ;
- les modifications cycliques dans une organisation suivant le cours des saisons.

La créativité demeure un élément central pour dans la définition et la compréhension de l'innovation définie par les différentes organisations et auteurs.

## IA

Selon l'OCDE (2019), Il n'existe pas de définition universellement admise de l'IA. Le Groupe d'experts sur l'IA à l'OCDE (AIGO) a élaboré, en 2018, une description d'un système d'IA. Cette description technique vise à être compréhensible, juste, neutre du point de vue de la technologie et applicable aux horizons à court et long termes (OCDE, 2019) Elle est suffisamment large pour couvrir nombre de définitions de l'IA couramment utilisées par la communauté scientifique, les entreprises et les pouvoirs publics.

La vision conceptuelle d'un système d'IA s'appuie sur la vision de l'IA exposée dans l'ouvrage *Artificial Intelligence: A Modern Approach* de Russel et Norvig (2009) qui est cohérente avec la définition fréquente de l'IA comme « ensemble des mécanismes permettant à un agent de percevoir, de raisonner et d'agir » et avec des définitions générales similaires développées par Gringsjord et Govindarajulu, (2018). Ces auteurs offrent un aperçu des tentatives de définition de l'IA. Pour eux, Russell et Norvig (1995, 2002, 2009) offrent un ensemble de réponses possibles à la question « Qu'est-ce que l'IA? ». Ces réponses relèvent de deux dimensions. Une dimension est de savoir si l'objectif est de correspondre à la performance humaine ou, au contraire, à la rationalité idéale et l'autre est de savoir si l'objectif est de construire des systèmes qui raisonnent/pensent, ou plutôt des systèmes qui agissent (Gringsjord et Govindarajulu, 2018).

Tableau 4: Quatre objectifs possibles selon AIMA

	<b>Basé sur l'humain</b>	<b>Rationalité idéale</b>
<b>Basé sur le raisonnement :</b>	Des systèmes qui pensent comme les humains.	Des systèmes qui pensent rationnellement.
<b>Basé sur le comportement :</b>	Des systèmes qui agissent comme des humains.	Des systèmes qui agissent rationnellement.

Source : Russell et Norvig (1995, 2002, 2009), dans leur texte AIMA, Gringsjord et Govindarajulu, 2018

Ces quatre possibilités de définition reflètent la grande majorité d'approches de définition de l'IA dans la littérature. Ainsi, les récits populaires s'inscrivent dans la définition selon laquelle l'IA correspond à la *machine avec un esprit humain* et Turing se positionne selon l'aspect comportemental dans lequel l'IA est comprise comme un *système qui agit comme un homme*. D'autres auteurs défendent la position « *penser rationnellement* » et « *agir rationnellement* ». Il convient, cependant, de rappeler que ces systèmes de définition ne doivent pas être interprétés comme impliquant que les chercheurs en IA considèrent leurs travaux comme relevant tous et seulement de l'un des deux compartiments (*penser/raisonner* versus *agir*).

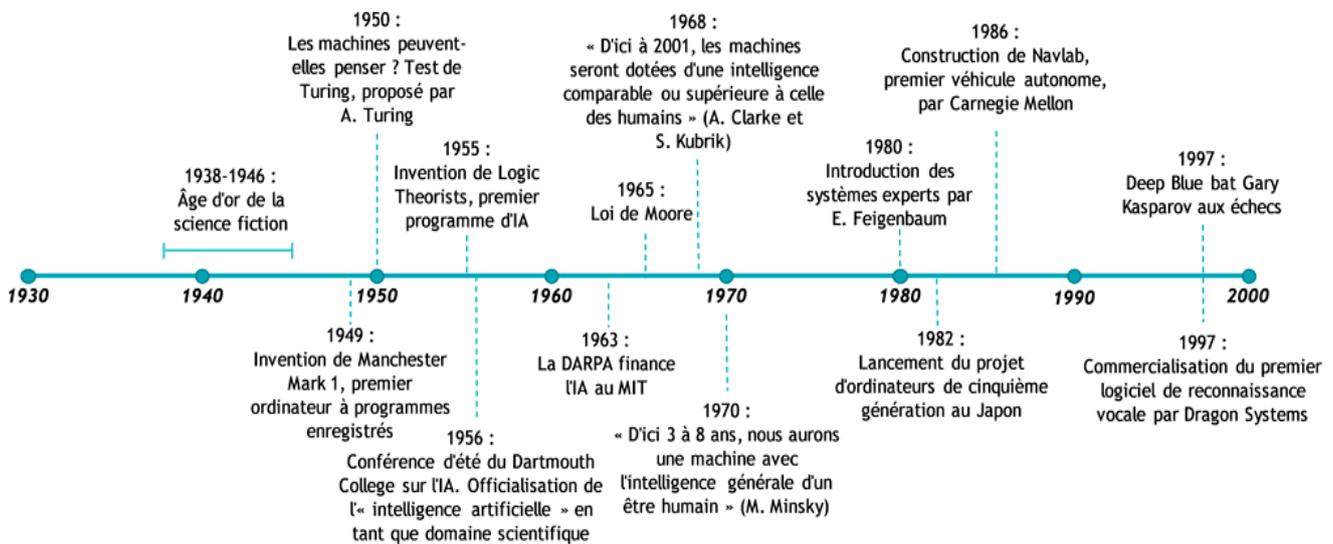
Il importe de mentionner que certains auteurs donnent une définition beaucoup plus simple de l'IA. Ainsi, pour Newell (1973), l'un des grands-pères de l'IA moderne ayant participé à la première conférence de Dartmouth en 1956, l'IA est le domaine consacré à la construction d'artefacts intelligents, où l'"intelligence" est opérationnalisée par des tests d'intelligence (tels que l'échelle d'intelligence de Wechsler pour adultes) et d'autres tests de capacité mentale y compris, par exemple, des tests de capacité mécanique, de créativité et bientôt (Gringsjord et Govindarajulu, 2018). Aussi, l'IA est un ensemble de systèmes autonomes capables d'accomplir des tâches complexes que l'on croyait réservées à l'intelligence naturelle : traiter de grandes quantités d'informations, calculer et prédire, apprendre et adapter ses réponses aux situations changeantes, et reconnaître et classer des objets (Déclaration de Montréal IA responsable, 2018, p. 7).

Le Conseil européen admet aussi la complexité de définir l'IA et en fait une tentative au sens plus large. Ainsi, le terme IA désigne indistinctement des systèmes qui sont du domaine de la pure science-fiction à savoir les IA dites « fortes », dotées d'une forme conscience d'elles-

mêmes et des systèmes déjà opérationnels en capacité d'exécuter des tâches très complexes notamment la reconnaissance de visage ou de voix, la conduite de véhicule. Ces derniers systèmes sont qualifiés d'IA « faibles » ou « modérées » (Conseil de l'Europe, s.d.).

Bien que l'utilisation du terme IA soit devenue banale dans les médias au cours de ces dernières années, de nombreux auteurs considèrent la conférence de Dartmouth de 1956 « *Dartmouth Summer Research Project* » comme le point de départ de l'IA lorsqu'au cours de cette rencontre, Alan Newell, John McCarthy et d'autres auteurs ont conceptualisé le principe de l'IA. Cependant, en 1950, Alan Turing, mathématicien britannique, publie un article sur l'ordinateur et l'intelligence, intitulé *Computing Machinery and Intelligence* (Turing, 1950), dans lequel il s'interroge sur la capacité des machines à penser. Il développe alors une heuristique simple pour tester son hypothèse dénommée *test de Turing* encore utilisé de nos jours. Ce test avait pour but de répondre à la question suivante : « un ordinateur pourrait-il mener une conversation et répondre à des questions d'une manière qui puisse conduire une personne suspicieuse à penser que l'ordinateur est en réalité un humain? ». La même année, Claude Shannon propose la création d'une machine à laquelle on pourrait apprendre à jouer aux échecs (Shannon, 1950). L'IA connaît, dans les années 70, un temps d'arrêt appelé l'« hiver de l'IA », marqué par une chute des financements et le désintérêt pour la recherche connexe (OCDE, 2019). Les années 90 connaîtront un regain au niveau du financement et de l'intérêt porté à la recherche connexe, à la faveur des progrès en termes de puissance de calcul. Les progrès de la puissance de calcul et des capacités de stockage des données rendent possible l'exécution de tâches complexes. En 1995, l'IA franchit une étape décisive, avec le développement, par Richard Wallace, d'A.L.I.C.E. (*Artificial Linguistic Internet Computer Entity*), un programme capable de tenir une conversation basique. Toujours dans les années 90, IBM met au point un ordinateur nommé Deep Blue, qui s'appuie sur une approche fondée sur la force brute pour affronter le champion du monde d'échecs, Gary Kasparov. Deep Blue est alors capable d'anticiper six étapes ou plus et de calculer 330 millions de positions par seconde (Somers, 2013). Plusieurs autres logiciels défiant l'intelligence humaine seront lancés dans les années 2000.

Figure 5 : Chronologie de l'évolution de l'IA (des années 50 à 2000)



Source : D'après Anyoha (28 août 2017[4]) dans *l'intelligence artificielle dans la Société*, (OCDE, 2019), « *The history of artificial intelligence* », <http://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>

Au cours des dernières années, la montée en puissance des données massives, de l'infonuagique et des capacités de calcul et de stockage connexes, alliée aux progrès d'une branche de l'IA nommée « apprentissage automatique », ont dopé la puissance, la disponibilité, le développement et l'impact de l'IA (OCDE, 2019).

Les avancées technologiques constantes ouvrent la voie à des capteurs plus performants et abordables et à de grandes puissances de calcul. Les volumes de données auxquels accèdent les systèmes d'IA continuent de croître à mesure que la taille et le coût réduits des capteurs en favorisent le déploiement permettant la réalisation de progrès majeurs dans de nombreux domaines de recherche en IA fondamentale, notamment le traitement du langage naturel, les véhicules autonomes et la robotique, la vision par ordinateur et l'apprentissage des langues (OCDE, 2019). Certaines des évolutions les plus intéressantes de l'IA ont lieu non pas dans l'informatique, mais dans des domaines comme la santé, la médecine, la biologie et la finance.

- **Principes de l'IA :**

L'OCDE (2019) définit cinq principes qui régissent l'élaboration de politiques publiques et de stratégies de recherche et de développement d'une IA digne de confiance.

Tableau 5: Principes de l'IA selon OCDE

	<b>Principes</b>	<b>Définitions</b>
1	Croissance inclusive, développement durable et bien-être	Ce Principe souligne le potentiel de contribution à la croissance et la prospérité qu'aurait une IA digne de confiance à différents niveaux – individuel, sociétal, planétaire – et de faire progresser les objectifs de développement mondiaux.
2	Valeurs centrées sur l'humain et équité	Les systèmes d'IA doivent être conçus de façon à respecter l'État de droit, les droits de l'Homme, les valeurs démocratiques et la diversité, tout en prévoyant les garde-fous nécessaires à assurer le caractère juste et équitable de la société.
3	Transparence et explicabilité	Ce principe porte sur la transparence et la divulgation responsable d'informations concernant les systèmes d'IA afin de garantir que les utilisateurs soient en mesure de comprendre et de mettre en question les résultats produits par les systèmes d'IA.
4	Robustesse, sûreté et sécurité	Les systèmes d'IA doivent fonctionner de façon robuste, sûre et sécurisée tout au long de leur cycle de vie, et les risques devraient être continuellement évalués et gérés.
5	Responsabilité	Les organismes et individus amenés à développer, déployer et utiliser les systèmes d'IA devraient être tenus responsables de leur bon fonctionnement, en adéquation avec les Principes de l'OCDE pour l'IA fondés sur des valeurs.

Source : OCDE, 2019

Cinq recommandations en vue de l'élaboration de politiques nationales et de coopération internationale accompagnent ces principes notamment :

- investir dans la recherche et le développement en matière d'IA ;
- favoriser l'instauration d'un écosystème numérique pour l'IA ;
- façonner un cadre d'action favorable à l'IA ;
- renforcer les capacités humaines et préparer la transformation du marché du travail ;
- favoriser la coopération internationale au service d'une IA digne de confiance.

Bien au-delà des 5 principes de l'OCDE qui semblent plus généraux, les experts, lors de la conférence d'Asilomar en Californie ont défini de façon plus détaillée 23 principes afin de mieux encadrer la recherche et le développement éthique de l'IA (Future Life Institute, 2017).

Tableau 6: 23 principes de l'IA de la conférence d'Asilomar

	<b>Principes</b>	<b>Définitions</b>
<b>Enjeux de la recherche</b>		
1	Objectif des recherches	Le but visé par les recherches en IA devrait être la création d'une intelligence artificielle bénéfique, et non une intelligence artificielle incontrôlable.

2	Investissements	Les investissements dans l'IA devraient être accompagnés par un financement des recherches afin de garantir son usage bénéfique. Cela prend en compte les questions épineuses en matière d'informatique, d'économie, de loi, d'éthique et de sciences sociales.
3	Relations entre les scientifiques et les juridictions	Il devrait y avoir un échange constructif et sain entre les chercheurs et les décideurs de l'intelligence artificielle.
4	Culture ou esprit de recherche	Une culture de la coopération, la confiance et la transparence devrait être encouragée entre les chercheurs et les développeurs de l'IA.
5	Prévention	Les équipes de développement des systèmes d'IA doivent coopérer activement pour éviter d'être en porte à faux avec les normes de sécurité.
<b>Éthique et valeurs</b>		
6	Sécurité	Les IA devraient être sécurisées durant tout le long de leur durée de vie opérationnelle grâce à des caractéristiques vérifiables et applicables.
7	Transparence s'il y a des dommages	Lorsqu'un système d'IA cause des dommages, il devrait être possible de déterminer la cause.
8	Transparence judiciaire	L'implication d'un système autonome dans une quelconque prise de décision judiciaire doit être corroborée par des explications satisfaisantes et susceptibles d'être auditées par une autorité humaine compétente.
9	Responsabilité	Les concepteurs et les constructeurs de systèmes d'IA avancés sont responsables des conséquences morales découlant de leurs utilisations abusives et de leurs agissements.
10	Concordance de valeurs	Les systèmes d'IA autonomes devraient être conçus de manière à ce que leurs objectifs et les comportements soient conformes aux valeurs humaines.
11	Valeurs humaines	Les systèmes d'IA devraient être conçus et exploités de manière à être compatibles avec les idéaux de la dignité humaine, les droits, les libertés et la diversité culturelle.
12	Données personnelles	Chaque personne devrait avoir le droit d'accéder, de gérer et de contrôler ses données personnelles, compte tenu de la puissance des systèmes d'IA à analyser et utiliser ces données.
13	Liberté et vie privée	L'application de l'IA aux données personnelles ne doit pas restreindre indûment la liberté réelle ou perçue des personnes.
14	Bénéfice partagé	Les technologies basées sur l'IA devraient bénéficier à autant de personnes que possibles. La valorisation de ces dernières devrait également s'ensuivre.
151	Prospérité partagée	La prospérité économique créée par l'IA devrait être largement partagée, cela au bénéfice de toute l'humanité.
16	Contrôle humain	Les humains devraient être en mesure de choisir s'ils veulent oui ou non déléguer des tâches aux systèmes IA pour atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés.
17	Anti-renversement	Les pouvoirs qui sont conférés à quelqu'un du fait qu'il contrôle des systèmes d'IA très avancés devraient respecter et améliorer les processus sociaux et civiques sur lesquelles le bien-être de la société repose.
18	Course aux IA d'armement	Une course armements dans les armes autonomes mortelles basées sur l'IA devrait être évitée.
<b>Issues à plus long termes</b>		

19	Alerte sur les capacités	S'il n'y a pas de consensus, il est vivement conseillé d'éviter de faire des hypothèses fortes concernant les limites supérieures des capacités des futures IA.
20	Importance	Les systèmes d'IA avancés pourraient favoriser un important changement dans l'histoire de la vie sur Terre ; en cela ils devraient donc être gérés avec soin et avec de gros moyens.
21	Risques	Les risques susceptibles d'être causés par les IA, en particulier les risques catastrophiques ou existentiels, doivent faire l'objet de prévision afin d'atténuer leur impact.
22	Auto-développement	Les systèmes d'IA conçus pour s'autoaméliorer ou s'autorépliquer, au risque de devenir très nombreux ou très avancés, doivent faire l'objet d'un contrôle de sécurité rigoureux.
23	Bien commun	Les IA super intelligentes ne doivent être développées que pour participer à des idéaux éthiques largement partagés, et pour le bien-être de l'humanité. Par conséquent, elles ne devraient pas être destinées à un État ou à une entreprise.

Source : *Future Life Institute, 2017*

La Déclaration de Montréal IA responsable, une initiative de l'Université de Montréal ayant regroupé une équipe de scientifiques pluridisciplinaires et interuniversitaires, quant à elle, identifie dix principes pour un développement responsable de l'IA. Ces principes reposent sur l'idée commune que les êtres humains cherchent à s'épanouir comme êtres sociaux doués de sensations, d'émotions et de pensées, et qu'ils s'efforcent de réaliser leurs potentialités en exerçant librement leurs capacités affectives, morales et intellectuelles (Déclaration de Montréal IA responsable, 2017).

Tableau 7: *Principes de l'IA responsable*

	<b>Principes</b>	<b>Définitions</b>
1	Bien-être	Le développement et l'utilisation des systèmes d'intelligence artificielle (SIA) doivent permettre d'accroître le bien-être de tous les êtres sensibles.
2	Respect de l'autonomie	Les SIA doivent être développés et utilisés dans le respect de l'autonomie des personnes et dans le but d'accroître le contrôle des individus sur leur vie et leur environnement.
3	Protection de l'intimité et de la vie privée	La vie privée et l'intimité doivent être protégées de l'intrusion de SIA et de systèmes d'acquisition et d'archivage des données personnelles (SAAD).
4	Solidarité	Le développement de SIA doit être compatible avec le maintien de liens de solidarité entre les personnes et les générations.
5	Participation démocratique	Les SIA doivent satisfaire les critères d'intelligibilité, de justifiabilité et d'accessibilité, et doivent pouvoir être soumis à un examen, un débat et un contrôle démocratiques."
6	Équité	Le développement et l'utilisation des SIA doivent contribuer à la réalisation d'une société juste et équitable.
7	Inclusion de la diversité	Le développement et l'utilisation de SIA doivent être compatibles avec le maintien de la diversité sociale et culturelle et ne doivent pas restreindre l'éventail des choix de vie et des expériences personnelles.

8	Prudence	Toutes les personnes impliquées dans le développement des SIA doivent faire preuve de prudence en anticipant autant que possible les conséquences néfastes de l'utilisation des SIA et en prenant des mesures appropriées pour les éviter.
9	Responsabilité	Le développement et l'utilisation des SIA ne doivent pas contribuer à une déresponsabilisation des êtres humains quand une décision doit être prise.
10	Développement soutenable	Le développement et l'utilisation de SIA doivent se réaliser de manière à assurer une soutenabilité écologique forte de la planète.

*Source : Déclaration de Montréal-IA responsable, 2018*

Ces principes s'accompagnent de huit recommandations en vue de l'élaboration de politiques publiques notamment les politiques de recherche et de développement en IA :

- mise en place d'un organisme indépendant de veille et de consultation citoyenne ;
- mise en place d'une politique d'audit et de certification des SIA ;
- soutien à l'encapacitation et à l'autonomisation ;
- repenser les formations en éthique ;
- favoriser un développement inclusif de l'IA ;
- protéger la démocratie des manipulations politiques de l'information ;
- adoption d'un modèle de développement international de l'IA ;
- mise en œuvre d'une stratégie publique/privée pour réduire l'empreinte environnementale directe et induite des SIA (Déclaration de Montréal IA responsable, 2018).

Les principes développés par les différents organismes et comités d'experts placent ainsi l'humain au centre de la recherche et du développement de l'IA.

- ***IA de Confiance***

Une IA doit répondre à 7 exigences définies par la Commission européenne pour être considérée comme une IA de confiance c'est-à-dire une IA durable et respectueuse de l'environnement qui doit minimiser sa consommation de ressources et d'énergie et s'assurer qu'elle n'a pas d'incidence négative sur la société (Segard & Baehr, 2020).

Tableau 8: Exigences d'une IA de confiance

	<b>Exigences</b>	<b>Définitions</b>
1	Action humaine et contrôle humain sur le traitement	Les utilisateurs doivent être en mesure de comprendre les systèmes d'IA afin de prendre des décisions autonomes éclairées. Ceci permet d'éviter qu'un système d'IA ne mette en péril l'autonomie humaine.
2	Robustesse technique et sécurité du traitement	La robustesse technique implique que les systèmes d'IA fonctionnent correctement avec toute une gamme de données d'entrée et dans des situations différentes en donnant des résultats reproductibles et fiables. De même, il est primordial que les modèles d'IA donnent des résultats précis, plus particulièrement dans les situations où le système d'IA impacte directement des vies humaines. Les algorithmes doivent aussi être résilients face aux attaques afin de faire face à de potentielles attaques, d'où la nécessité de comporter des garanties permettant le déclenchement de plans de secours en cas de problème.
3	Respect de la vie privée et gouvernance des données	Les systèmes d'IA doivent garantir le respect de la vie privée et la protection des données. L'accès aux données au sein des entreprises pour mettre en place des systèmes IA doit être contrôlé par le biais d'un protocole de sécurité. De plus, la qualité et l'intégrité des données utilisées pour entraîner les modèles algorithmiques doivent être assurées.
4	Transparence autour du traitement	L'ensemble des processus mis en place pour le bon fonctionnement de l'IA doit être documenté afin de permettre la traçabilité de toutes les étapes. En outre, toute décision prise par l'IA doit être comprise et retracée par les êtres humains afin qu'ils puissent l'expliquer et communiquer les résultats par la suite
5	Diversité, non-discrimination et équité	En collectant la donnée, il faut s'assurer dans la mesure du possible que les jeux de données collectés ne présentent pas des biais discriminatoires. L'objectif étant d'éviter tout préjudice pouvant nuire à certains groupes de personnes. Il est aussi souhaitable de consulter les parties prenantes sur lesquelles le système est susceptible d'avoir des effets directs ou indirects tout au long de son cycle de vie. Ces systèmes de IA devront être conçus de manière à permettre à toute personne de l'utiliser, quels que soient son âge, son sexe, ses capacités et ses caractéristiques.
6	Impact environnemental et sociétal	Une IA de confiance est une IA durable et respectueuse de l'environnement qui doit minimiser sa consommation de ressources et d'énergie. De plus, sur le plan sociétal, une évaluation doit être faite à chaque étape de son cycle de vie pour s'assurer qu'elle n'a pas d'incidence négative sur la société.
7	Responsabilités associées au traitement	L'exigence de la responsabilité requiert la mise en place de mécanismes permettant de garantir la responsabilité à l'égard des systèmes d'IA et de leurs résultats. Les algorithmes doivent pouvoir être audités et cette évaluation contribue à la fiabilité de la technologie. Par ailleurs, une voie de recours est possible pour toutes les incidences négatives garantissant la confiance en la technologie.

Source : Segard & Baehr, 2020: *L'IA de confiance : exigence et opportunité européenne*. *Quantmetry*

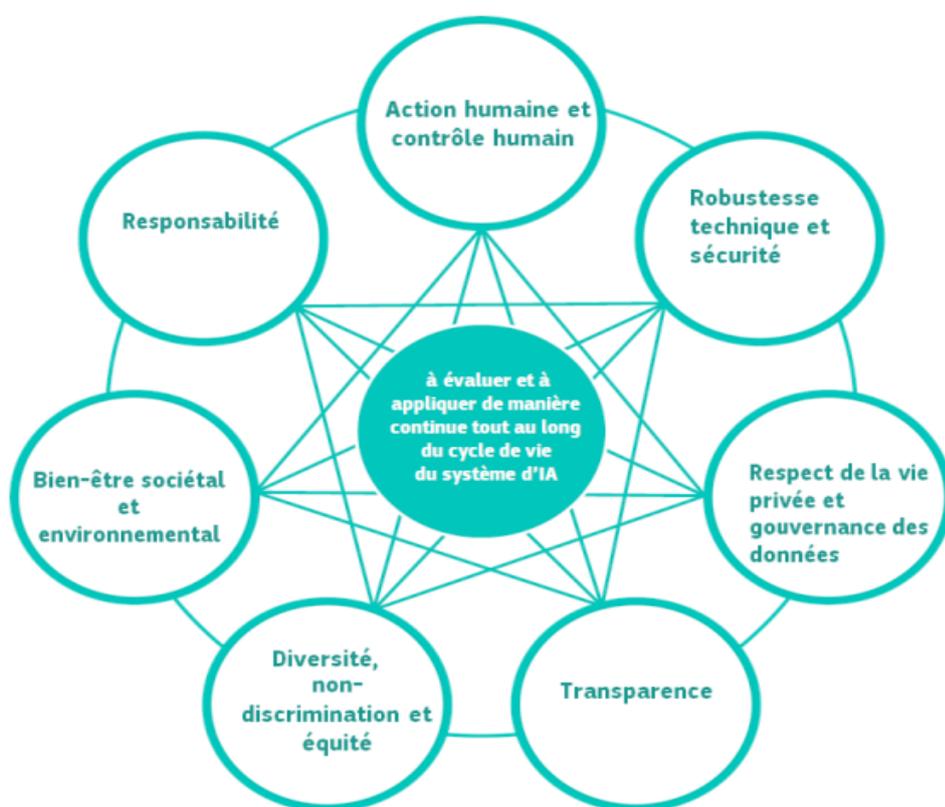
Une IA digne de confiance peut apporter de nombreux avantages significatifs notamment dans les domaines des soins de santé de qualité, des transports plus sûrs et plus propres, de la production d'une énergie plus efficace, durable et moins coûteuse. La mise en place de ces exigences en matière d'IA par l'UE a pour but de donner aux citoyens la confiance nécessaire pour s'approprier ces technologies, tout en encourageant les entreprises à les développer (Commission européenne, 2019).

La Commission a proposé de nouvelles règles pour veiller à ce que les SIA utilisés dans l'UE soient sûrs, transparents, éthiques, impartiaux et sous contrôle humain. Pour ce faire, elle a classé ces systèmes en fonction de leur niveau de risque :

- inacceptable, lorsque les SIA constituent une menace évidente pour les citoyens de l'UE. Ces SIA sont interdites ;
- haut risque, lorsque les infrastructures critiques et les composants de sécurité des produits sont susceptibles de mettre en danger la vie et la santé des citoyens, les formations scolaire et professionnelles, les emplois et la gestion des travailleurs et les services publics et privés discriminent, les mesures répressives, la migration, l'asile et la gestion des contrôles aux frontières et l'administration de la justice et des processus démocratiques sont susceptibles d'interférer avec les droits fondamentaux des citoyens. Ces SIA seront tous soigneusement évalués avant d'être mis sur le marché et tout au long de leur cycle de vie ;
- risque limité : ce sont des SIA tels que les dialogueurs qui sont soumis à des obligations de transparence minimales, destinées à permettre aux personnes qui interagissent avec le contenu de prendre des décisions éclairées. L'utilisateur peut alors décider de continuer ou d'arrêter d'utiliser l'application ;
- risque minimal : les nouvelles règles ne s'appliquent pas aux systèmes, qui ne représentent qu'un risque minime ou nul pour les droits et la sécurité des citoyens utilisateurs. Ce sont les SIA tels que les jeux vidéo ou des filtres antipourriel gratuits fondés sur l'IA.

Ces sept exigences se soutiennent mutuellement et doivent être appliquées et évaluées tout au long du cycle de vie d'un SIA.

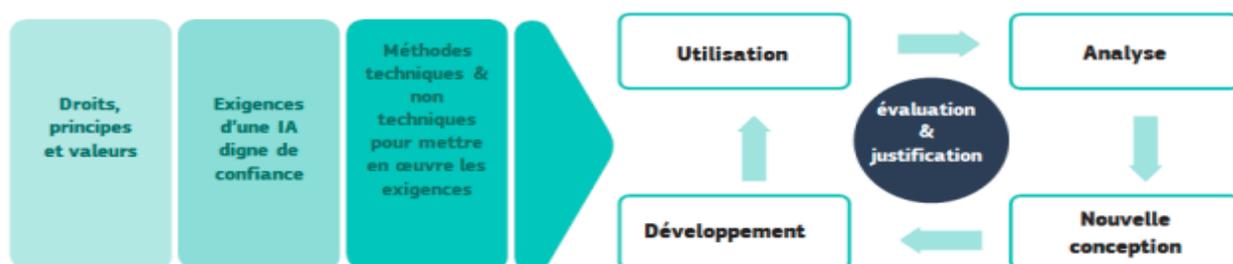
Figure 6: Interrelation des 7 exigences de l'IA de confiance



Source : Commission européenne, 2019 : Lignes directrices en matière d'éthique pour une IA digne de confiance

Pour mettre en œuvre ces sept exigences, des méthodes tant techniques que non techniques peuvent être appliquées. Ces méthodes englobent toutes les phases du cycle de vie d'un SIA et il convient de procéder de manière continue à une évaluation des méthodes employées, ainsi qu'à la communication et à la justification des modifications apportées aux processus de mise en œuvre étant donné que les SIA évoluent et agissent de manière continue dans un environnement dynamique.

Figure 7: Parvenir à une IA de confiance tout au long du cycle de vie du SIA



Source : Commission européenne, 2019 : Lignes directrices en matière d'éthique pour une IA digne de confiance

Il importe de rappeler les méthodes dites techniques et celles dites non-techniques selon la Commission européenne (2019). Les méthodes techniques sont notamment les architectures pour une IA digne de confiance, l'éthique et état de droit dès la conception, les méthodes d'explication, les essais et validations et la qualité des indicateurs de service. Les méthodes non techniques sont la réglementation, les codes de conduite, la normalisation, la certification, la responsabilité au moyen de cadres de gouvernance, l'éducation et sensibilisation pour encourager un état d'esprit éthique, la participation des parties prenantes et dialogue social et la diversité et équipes de conception inclusives.

### **3.2 Stratégie Québécoise de Recherche et Investissement en Innovation 2022-2027**

Le 31 mars 2022, la Stratégie québécoise de la recherche et de l'innovation 2017-2022 a cédé la place à la SQRI<sup>2</sup> 2022-2027. Dévoilée le 19 mai 2022 par le ministre de l'Économie, de l'Innovation et de l'énergie, la SQRI<sup>2</sup> traduit la vision du gouvernement en matière de développement de l'innovation dans le but de faire du Québec un acteur mondial de premier plan dans le domaine de l'innovation et d'augmenter la richesse économique et sociale de la province. Elle prévoit des investissements de plus de 7,5 milliards de dollars sur cinq ans afin d'augmenter la prospérité de tous les Québécois par l'innovation (MEIE, 2022).

La SQRI<sup>2</sup> est basée sur cinq piliers notamment:

- connecter tous les acteurs du cycle de l'innovation, de l'idée à la commercialisation ;
- rendre les services de soutien à l'innovation plus simples, accessibles et mieux connus des entreprises et des organisations pour accélérer les projets d'innovation ;
- mettre l'État à contribution en adoptant des innovations dans les institutions publiques et en améliorant la cohérence gouvernementale ;
- renforcer la reddition de comptes et évaluer en continu les interventions et les intervenants pour maximiser leur efficacité ;
- miser sur le développement durable et l'innovation sociale (MEIE, 2022).

Ces piliers soutiennent les cinq axes d'intervention et les douze actions clés de la stratégie.

Tableau 9: : Axes et actions clés de la SQRI<sup>2</sup> 2022-2027

Axes	Actions clés
Axe 1 – Exceller en recherche, en science et en technologie	Action 1 : Appuyer les initiatives des Fonds de recherche du Québec Action 2 : Favoriser les synergies dans l'écosystème de la recherche
Axe 2 – Créer un environnement favorable au développement de l'innovation	Action 3 : Transférer et valoriser les résultats de la recherche Action 4 : Faciliter l'accès aux ressources de l'écosystème et les promouvoir Action 5 : Mettre en place un environnement réglementaire favorable à l'innovation
Axe 3 – Soutenir les investissements et la commercialisation des innovations en entreprise	Action 6 : Adapter les incitatifs à la R-D et les programmes d'appui à l'innovation Action 7 : Soutenir l'entrepreneuriat technologique innovant Action 8 : Stimuler l'investissement et la commercialisation des innovations
Axe 4 – Développer les talents et la culture scientifique et de l'innovation	Action 9 : Développer les talents, la relève et les compétences clés en recherche et en innovation Action 10 : Développer la culture scientifique et de l'innovation
Axe 5 – Miser sur des secteurs d'avenir et des projets structurants	Action 11 : Prioriser des secteurs et des technologies à fort impact Action 12 : Résoudre des défis de société grâce à des solutions innovantes

Source : MEIE, 2022

L'axe 1 vise l'atteinte de deux cibles à savoir :

- atteindre le niveau ontarien et dépasser le niveau canadien en haussant à 9 % le financement par les entreprises de la R-D réalisée en enseignement supérieur (en 2019, 6 % au Québec) ;
- augmenter les activités de R-D en enseignement supérieur pour atteindre 0,90 % du PIB sur cinq ans (en 2019, 0,87 % au Québec et 0,96 % en Nouvelle-Écosse) et ainsi demeurer dans les trois meilleurs de l'OCDE.

L'axe 2 vise à :

- encourager l'innovation en haussant à 56 % la part des entreprises qui innovent dans les produits (en 2017-2019, 51 % au Québec) et à 76 % la part de celles qui innovent dans les processus d'affaires (en 2017-2019, 71 % au Québec) ;
- encourager, d'ici 2027, la création de 4 600 entreprises par an dans le secteur des services professionnels, scientifiques et techniques, pour atteindre 17 % des entreprises

créées dans ce secteur sur le total des entreprises créées annuellement (en 2019, 14 % au Québec).

L'axe 3 a pour objectif :

- qu'au moins 60 % de l'ensemble de la R-D réalisée au Québec le soit en entreprise (en 2019, 56 % au Québec) et augmenter la R-D en entreprise en pourcentage du PIB pour atteindre 1,50 % sur cinq ans (en 2019, 1,23 % au Québec) ;
- de favoriser les investissements en capital de risque dans les entreprises sur cinq ans.

L'axe 4 cible :

- la réduction de l'écart avec l'Ontario concernant la part des étudiants nouvellement inscrits à l'automne dans un programme de STIM (science, technologie, ingénierie et mathématiques) et d'informatique dans les inscriptions totales au baccalauréat (en 2018-2019, écart de 14 points de pourcentage : 23 % au Québec et 37 % en Ontario) ;
- l'augmentation du nombre de personnes affectées à la R-D en entreprise à 13 par millier de travailleurs d'ici 2027 (en 2019, 12 au Québec) et se classer dans les 10 meilleurs de l'OCDE (17<sup>e</sup> rang en 2019).

L'axe 5 vise à augmenter la part des entreprises qui utilisent des technologies émergentes à 11 % pour les technologies propres (en 2017-2019, 7 % au Québec), à 10 % pour l'intelligence artificielle (en 2017-2019, 6 % au Québec) et à hausser de 25 % le nombre d'entreprises associées aux industries du savoir pour atteindre 15 000 d'ici cinq ans (en 2020, 11 807 au Québec).

La SQRI<sup>2</sup> 2022-2027 constitue l'une des clés pour le gouvernement du Québec, dans sa politique de création de richesse collective, d'amélioration du niveau de vie et de résolution de grands défis de société à travers la R-D en innovation et de réduction de l'écart de la productivité du travail avec l'Ontario dans le secteur des entreprises, cela d'au moins 50%.

### **3.3 Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en IA**

En 2017, sous la responsabilité de l'Université de Montréal, un comité d'orientation chargé d'élaborer la stratégie de développement de la grappe scientifique et industrielle en intelligence artificielle au Québec a été mise en place à l'initiative du gouvernement. Ce comité, après ses travaux, a soumis ses recommandations sur le développement des ressources de la grappe, notamment l'attraction d'experts d'envergure internationale, la disponibilité des ressources

informatiques, les conditions favorables aux collaborations industrielles et à l’essaimage d’entreprises, de même que la formation et le développement des ressources humaines (MEI, 2018). En plus d’élaborer un plan stratégique de développement, le comité devait assurer la concertation avec les instances pertinentes du gouvernement fédéral, l’Institut canadien de recherches avancées (ICRA) et le Fonds d’excellence en recherche Apogée Canada, de même que favoriser les investissements futurs, privés et publics (MEI, 2018).

Les 12 recommandations issues des travaux du comité s’articulent autour de 5 orientations stratégiques.

*Tableau 10: Orientations stratégiques et recommandations pour l’essor de l’écosystème québécois en intelligence artificielle*

<b>Orientations stratégiques</b>	<b>Recommandations</b>
1-Assurer l’essor et la pérennité du pôle de recherche académique en intelligence artificielle au Québec	Recommandation 1: Augmenter notre capacité d’attirer des chercheurs dans des secteurs où le Québec a le potentiel de devenir un leader mondial  Recommandation 2: Assurer l’afflux – en quantité et en qualité – d’étudiants locaux et étrangers aux cycles supérieurs en IA et dans les domaines connexes
2-Développer les talents en sciences numériques pour répondre aux besoins du Québec	Recommandation 3: Dresser et maintenir un portrait clair et exhaustif pour l’ensemble des acteurs sur les besoins, les manques et les possibilités en termes de compétences en sciences numériques, grâce à une «veille talent »  Recommandation 4: Soutenir les établissements d’enseignement dans l’actualisation de leur offre de formation  Recommandation 5: Promouvoir la littératie mathématique et la démocratisation des sciences
3-Accélérer le développement et l’adoption de solutions d’IA par l’ensemble du tissu économique québécois	Recommandation 6: Soutenir les entreprises québécoises conceptrices de solutions d’IA, notamment les startups, pour qu’elles se développent, croissent et demeurent au Québec  Recommandation 7: Assurer un soutien adéquat aux futurs utilisateurs de l’IA du secteur privé  Recommandation 8: Positionner le gouvernement et les sociétés d’État comme bénéficiaires des technologies de l’IA, en devenant des utilisateurs exemplaires
4-Développer au Québec un pôle d’expertise international sur l’IA	Recommandation 9: Assurer une pérennité aux efforts en cours pour la mobilisation autour de l’IA responsable et se préparer à intégrer les consensus émergents dans les politiques publiques québécoises

responsable et sur les impacts de l'IA	
5-Appuyer le développement des structures de soutien à l'écosystème	<p>Recommandation 10: Assurer l'accès des acteurs de l'IA et de la science des données à la puissance de calcul et à l'expertise en calcul dont ils ont besoin</p> <p>Recommandation 11: Mandater une permanence « IA Québec » dotée d'un secrétariat pour jouer un rôle de vigie et faciliter la coordination des acteurs de l'écosystème québécois en IA</p> <p>Recommandation 12: Faciliter l'accès à l'information sur les ressources disponibles pour les acteurs de l'écosystème en IA et favoriser leur mise en relation par l'entremise d'une vitrine commune</p>

Source : *Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle, MEI (Mai 2018)*

Les 12 recommandations de cette stratégie visent à propulser le Québec au rang du plus important écosystème d'IA en Amérique du Nord. Le succès du Québec dans le domaine de l'IA dépendra directement de sa capacité à former et à attirer les talents nécessaires pour assurer la recherche fondamentale en IA, la conception d'applications qui utilisent des algorithmes d'IA et l'adoption de l'IA et des technologies connexes par les entreprises du Québec.

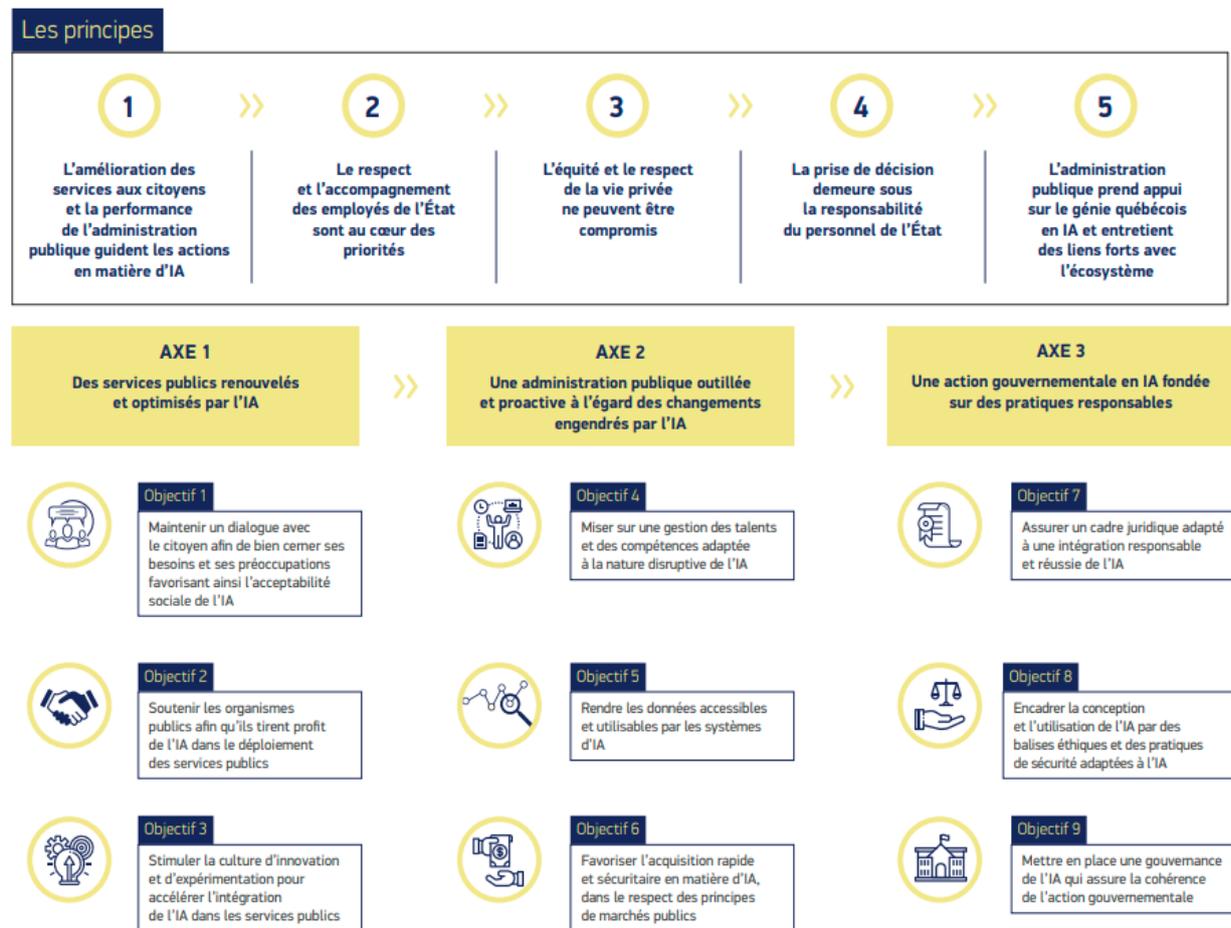
### **3.4 Stratégie québécoise d'intégration de l'IA dans l'administration publique 2021-2026**

Le Québec, reconnu comme un pôle d'innovation majeur de l'IA à travers le monde, est l'objet d'une vive effervescence en matière de développement de l'IA notamment à travers le financement de plusieurs petites et moyennes entreprises (PME), de grandes entreprises (GE) et d'organisations à but non lucratifs et le développement de nombreux centres de recherches et d'expertises.

Dans l'optique de mettre à profit les avancées de l'IA dans le secteur public, le gouvernement du Québec adopte, en 2021, la Stratégie d'intégration de l'IA dans l'administration publique 2021-2026 (Gouvernement du Québec, 2021). Cette stratégie vise à positionner l'administration publique comme acteur exemplaire de l'IA en prenant notamment appui sur le leadership du Québec dans ce domaine et en misant sur une approche globale, qui place le citoyen et l'employé de l'État au cœur de ses réflexions. Elle a pour objectifs de soutenir l'utilisation de l'IA par les organismes publics et d'en baliser l'usage et améliorer la qualité, l'efficience et l'équité des services offerts aux citoyens (Gouvernement du Québec, 2021).

La stratégie s'appuie sur cinq principes de mise en œuvre et s'articule en trois axes principaux, regroupant chacun trois objectifs fixés par le gouvernement dans le but d'assurer une intégration réussie de l'IA dans l'administration publique.

Figure 8: Principes, axes et objectifs de la stratégie d'intégration de l'IA dans l'administration publique 2021-2026



Source : Gouvernement du Québec, 2021

L'intégration de l'IA dans l'administration publique présente plusieurs avantages et opportunités permettant d'améliorer l'efficacité des organisations publiques et la qualité des services offerts aux citoyens.

Le recours à l'IA par le secteur public pourrait contribuer à prodiguer des conseils et des services qui correspondent mieux aux besoins des citoyens dans différentes situations de vie; offrir un meilleur soutien à la prise de décision de ses employés; rationaliser les processus et optimiser l'utilisation des ressources, notamment par l'automatisation de certaines tâches répétitives; améliorer la qualité des processus et des services en détectant automatiquement les

anomalies; établir des tendances et avancer des prédictions en s'appuyant sur de grandes quantités de données; trier et catégoriser différents types de documents.

Pour favoriser la réussite de l'intégration de l'IA dans l'administration publique, le gouvernement du Québec s'est inspiré des principaux défis soulevés par la littérature scientifique dans ce domaine notamment les défis technologiques, les défis de collecte et de gestion des données, les défis légaux et ceux liés à la régularisation, les défis éthiques à savoir la protection des droits fondamentaux et le respect de la dignité humaine, les défis sociétaux et managériaux (Gouvernement du Québec, 2021).

La Stratégie aborde ces défis et propose d'y apporter des solutions et de mettre en œuvre des mécanismes concrets pour l'ensemble de l'administration publique québécoise.

À la lumière de cette recension documentaire, il s'est avéré que les questions d'innovations notamment celles en lien avec l'intelligence artificielle sont encore récentes et continuent de connaître un développement considérable dans les pays de l'OCDE, afin de rattraper leur retard sur les pays membres et non-membres, tels qu'Israël et la Chine, en matière de financement de la R-D et le développement d'une IA de confiance. Aussi, l'IA constitue un domaine porteur pour l'enrichissement économique des États et en particulier le Québec, d'où l'importance du budget qui y est consacré à travers la SQRI<sup>2</sup> 2022-2027.

#### **4. Étude de cas : Processus et approche de la DRC dans le cadre du financement et de l'accompagnement des projets d'innovation en IA**

##### **4.1 Présentation de l'écosystème en innovation et en IA**

L'écosystème de l'innovation au Québec s'anime autour de divers intervenants tels que :

- les regroupements sectoriels de recherche industrielle (RSRI) ou organismes d'intermédiation désignés par le gouvernement ;
- les centres et plateformes de recherches, dont le Mila qui constitue un pôle mondial en matière de développement de l'intelligence artificielle ;
- l'association pour le développement de la recherche et de l'innovation du Québec (ADRIQ) qui aborde et véhicule les principales préoccupations et problématiques des acteurs de recherche et des entreprises innovantes qu'elle représente afin de réunir les facteurs favorables et les conditions propices à leur succès ;

- les centres collégiaux de transfert de technologie (CCTT) qui sont des lieux de recherche technologique qui fournissent des services de recherche et développement, du soutien technique et de la formation ;
- les incubateurs d'entreprises technologiques qui offrent des services-conseils aux entreprises innovantes qui sont en démarrage dans le but d'améliorer leurs chances de succès ;
- les consortiums de recherche qui ont été créés par des entreprises pour réaliser en commun des activités de recherche précompétitive ;
- le conseil de l'innovation du Québec qui a comme mission de dynamiser le développement de l'innovation au sein des entreprises et de la société québécoise ;
- les universités qui contribuent au développement de la société québécoise dans toutes ses dimensions.

- **RSRI**

Les RSRI ont pour mission de mettre en place et de soutenir un écosystème d'innovation collaborative propice au développement des secteurs stratégiques de l'économie au profit des centres de recherche, des entreprises et de la société québécoise. Ils représentent les secteurs phares du Québec et agissent à titre d'organismes d'intermédiation et de financement de la R-D collaboratif (RSRI, 2022).

*Tableau 11: RSRI en innovation*

<b>RSRI</b>	<b>Missions</b>
CQRDA	Le CQRDA contribue à accroître les retombées économiques du Québec, en soutenant activement le maillage entre les établissements d'enseignement et les petites et moyennes entreprises (PME) et les équipementiers développant des innovations mettant en valeur l'aluminium, de même qu'entre les entreprises reliées à la production et à la transformation de l'aluminium.
CRIAQ	Le CRIAQ développe et stimule la collaboration entre les spécialistes industriels et les chercheurs dans le cadre de projets de recherche précompétitive en aérospatiale.
CRIBIQ	Le CRIBIQ a pour mission de promouvoir et soutenir la réalisation de projets innovants dans les filières industrielles de la bioéconomie en rassemblant des entreprises et des établissements de recherche publique afin de créer de la valeur à travers la promotion de l'innovation et le financement des projets de recherche collaborative au sein de l'économie biosourcée québécoise.
CQDM	Le CQDM est un consortium de recherche biopharmaceutique dont la mission est de financer le développement de technologies et d'outils novateurs afin d'accélérer la découverte et le développement de médicaments plus sûrs et efficaces.

INNOVÉE	La mission d'INNOVÉE est de soutenir le développement et le financement de projets collaboratifs en lien avec l'industrie électrique, les réseaux intelligents, l'électrification des transports, les véhicules et systèmes de transport intelligents, par la mise en commun des expertises et des ressources des partenaires industriels et des établissements de recherche.
PRIMA	PRIMA Québec anime et soutient l'écosystème des matériaux avancés, un moteur d'innovation et de croissance pour le Québec. Il est l'interface privilégiée entre les milieux industriel et académique.
PROMPT	L'action de Prompt cible l'ensemble du secteur des TIC, du matériel au logiciel, et autant au niveau des composantes, qu'au niveau des réseaux et des applications.
MEDTEQ+	MEDTEQ+ accélère le développement de solutions innovantes, leur validation et leur intégration dans les réseaux de la santé et de positionner, localement et à l'échelle internationale, les produits et les services issus du secteur medtech.
CRITM	Le Consortium de recherche et d'innovation en transformation métallique a pour mission d'accroître la richesse des entreprises en transformation métallique par le soutien à l'innovation.

Source : <https://rsri.quebec/>

- **MILA**

Le secteur de l'IA connaît une effervescence dans le domaine de l'innovation. Mila, institut québécois d'intelligence artificielle, est un pôle mondial d'avancées scientifiques qui inspire l'innovation et l'essor de l'IA au bénéfice de tous. Mila se situe donc au cœur de l'écosystème en IA. Depuis 2017, date de sa création, Mila et ses instituts homologues AMII (Alberta) et Vector (Ontario) occupent un rôle central dans la Stratégie pancanadienne en matière d'intelligence artificielle – la première stratégie nationale d'IA au monde – dirigée par l'ICRA.

En plus de Mila, plusieurs autres centres de recherche incontournables contribuent au développement de l'écosystème IA au Québec. Il s'agit :

- de l'Institut intelligence et Données (IID) qui fédère et soutient les expertises et l'innovation en intelligence artificielle et en valorisation des données dans la grande région de Québec, se plaçant au cœur d'un pôle d'excellence de calibre international lié à ces sujets et à leurs disciplines connexes ;
- du Centre de Recherche Informatique de Montréal (CRIM) qui est un centre de recherche appliquée et d'expertise de pointe en intelligence artificielle et technologies de l'information, générateur de résultats concrets et un partenaire stratégique d'innovation au service des organisations ;

- de l'Institut de Valorisation des Données (IVADO) qui engendre, stimule et appuie les initiatives en intelligence artificielle (IA), en mettant en interaction la communauté de recherche, les organisations et les institutions ;
- du Centre for Intelligent Machines (CIM) de Montréal dont la mission est d'exceller dans le domaine des systèmes intelligents, en mettant l'accent sur la recherche fondamentale, le développement technologique et l'éducation ;
- du Applied AI Institute de l'Université de Concordia dont le rôle est de répondre aux besoins des entreprises, des gouvernements et des universités dans le développement et la mise en œuvre de stratégies de réussite basées sur l'intelligence artificielle.

L'IA étant un levier de développement économique et social pour le Québec, le gouvernement, à travers le MEIE accompagne l'accélération et l'adoption de l'IA à travers d'importants investissements. La DRC est un acteur clé dans cet accompagnement collaboratif. Quelle approche utilise-t-elle pour contribuer efficacement au développement de l'écosystème IA au Québec?

## **4.2 Soutien aux projets d'IA**

la DRC collabore avec l'ensemble des acteurs de l'écosystème de l'innovation en général et de l'IA en particulier. Elle dispose de leviers favorisant l'accès à des entreprises et des centres de recherches, aux mesures d'aide financière à différentes étapes de maturité d'innovation. Ces leviers sont composés de programmes tels que le programme de soutien aux organismes de recherche et d'innovation (PSO) et le programme innovation (PI) pour les projets d'IA.

### **Le PSO**

Le PSO vise à consolider le système d'innovation québécois et ses composantes, à augmenter la compétitivité des entreprises et de la société par l'innovation ainsi qu'à favoriser l'utilisation optimale ou concertée des résultats de la recherche sur les plans économique, social, environnemental et culturel (MEIE, 2022). Il comprend 4 volets :

- volet 1 – soutien au fonctionnement d'organismes qui finance les dépenses de fonctionnement ;
- volet 2 – soutien aux projets décliné en plusieurs sous-volets :
  - le volet 2a soutien aux projets de recherche-innovation ;
  - le volet 2b soutien aux projets de recherche en collaboration avec le milieu ;

- le volet 2c soutien aux projets de recherche à l'international ;
- le volet 2d soutien aux projets de maturation technologique.
- volet 3 – cofinancement du gouvernement du Québec aux programmes de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) concerne les coûts d'acquisition ou de développement d'infrastructures de recherche admissibles et découlant des directives de la FCI;
- volet 4 – soutien au financement d'infrastructures de recherche et d'innovation concerne les coûts directs liés à la réalisation d'un projet concernant un bâtiment, et les coûts et frais afférents dans le cas d'un projet impliquant l'acquisition d'équipement structurant.

### **Le PI**

Le PI a pour objectif d'appuyer les entreprises, en priorité les PME, dans la réalisation de leurs projets d'innovation. Il vise également à soutenir financièrement des entreprises privées afin qu'elles regroupent leurs efforts (projets mobilisateurs) pour mener à bien un projet de développement d'un produit ou d'un procédé novateur, en mobilisant des universités, des centres publics de recherche ainsi que des PME (Investissement Québec, 2022). Ce programme est géré par Investissement Québec (IQ). Il comprend 2 volets :

- le volet du soutien aux projets d'innovation qui finance les projets d'innovation de produit ou de procédé, de l'étape de la planification jusqu'à l'étape de la précommercialisation (vitrine technologique) ;
- le volet du soutien aux projets mobilisateurs qui concerne les projets d'innovation de produit ou de procédé, de l'étape de la planification jusqu'à celle de la vitrine technologique.

Les soutiens via ces programmes sont généralement déployés à l'issue d'un processus de sélection à la suite d'appels de projets lancés par le ministère ou ses partenaires. Des appels de projets d'innovation en IA - recherche industrielle en collaboration et soutien à l'entrepreneuriat innovant - sont lancés deux fois par année à savoir le 15 avril et le 15 octobre.

### **Processus de la DRC**

Après la validation du dépôt des dossiers des candidats à l'appel à projets, un inventaire et une analyse de la complétude des dossiers sont effectués par l'équipe de la DRC afin d'obtenir

d'éventuels documents complémentaires au besoin. Après cette étape, les comités d'évaluations des projets, composés d'experts indépendants dans les domaines pertinents tels que l'IA, le quantique et les finances, sont mis en place afin d'évaluer le niveau d'innovation, la qualité générale et la réalisation, les expertises internes et collaborations et les retombées scientifiques, technologiques, économiques et sociales des projets qui feront l'objet du financement du MEIE.

Une fois les projets sélectionnés et recommandés pour financement, ils sont soumis à la rigoureuse démarche de la direction qui conduit à l'octroi du financement.

Figure 9: Démarche de financement des projets par la DRC



Source : DRC, 2022

L'octroi du financement est entériné dans une convention d'aide financière signée respectivement par l'autorité représentant le Ministre et le bénéficiaire de l'aide. Avant la signature par les autorités, les équipes de la DRC procèdent à plusieurs analyses et formulent les recommandations à travers des notes de direction.

Une lettre est alors adressée au bénéficiaire pour lui signifier l'octroi de la subvention.

Cette démarche s'applique à l'ensemble des projets soutenus par la DRC, tant aux projets d'innovation qu'aux projets en IA, notamment dans le cadre des financements accordés à Mila et les autres acteurs de l'écosystème.

### 4.3 Quelques réalisations innovantes en IA

En 2016, une équipe québécoise dirigée par l'endocrinologue Rémi Rabasa-Lhoret, professeur à l'université de Montréal affilié à l'institut de recherches cliniques de Montréal et au centre hospitalier de l'université de Montréal, a conçu un modèle de pancréas artificiel grâce à l'IA afin d'aider les patients souffrant de diabète dans leur suivi thérapeutique (Le Journal de Montréal, 2022). Ce pancréas, se basant sur un algorithme de dosage intelligent, permet d'administrer à la fois l'insuline et le glucagon afin de contrôler la glycémie des patients (Le Journal de Montréal, 2022).

En 2021, une histoire à succès en IA a retenu notre intérêt. L'entreprise québécoise Lapalme Agtech et ses partenaires ont obtenu un financement du MEIE afin de poursuivre le développement et la mise à l'essai d'un robot-cueilleur dénommé SAMI 4.0 (Raymond, 2021). Ce robot permet de faire face à la problématique du manque de main d'œuvre et à celle de l'optimisation de la productivité. Ce robot-cueilleur détecte, positionne et caractérise les brocolis à l'aide de l'intelligence artificielle, de la robotique et de son système de vision avancé puis valide la trajectoire nécessaire afin de récolter le légume selon le stade de maturité requis par le producteur (Raymond, 2021).

Figure 10: Illustration de SAMI 4.0 installé derrière un tracteur



Source :Lapalme Agtech dans *LeSoleil Numérique* du 23 septembre 2021  
<https://www.lesoleil.com/2021/09/23/sami-40-le-robot-qui-cueille-les-brocolis-video-f82ff125a0e33484bc53b1c3587a9cf2?nor=true>

Ces deux exemples, parmi tant d'autres, traduisent le succès de l'approche collaborative entre les directions du MEIE notamment la DRC et les autres partenaires de l'écosystème de l'innovation au Québec et aussi, entre les acteurs privés et les centres de recherche publics. Ils reflètent aussi le dynamisme et l'effervescence dans le secteur de l'IA dans la province et posent par la même occasion des enjeux en termes coût d'opportunités et de mesure quantitative et qualitative des résultats d'innovations technologiques.

## **5. Analyse coût-avantage des projets en IA : enjeu social et évaluatif**

### **5.1 Enjeu social des projets d'innovation en IA**

Les analyses coût-bénéfice effectuées par les professionnels de la DRC privilégient le ratio avantage-coût (RAC) comme indicateur. Cet indicateur a l'avantage de comparer divers projets en une seule période et de décider plus rapidement de l'ordre de priorité. En effet, les analystes coût-bénéfices de la DRC évaluent le coût des projets pour le contribuable québécois ainsi que les avantages qui sont appréciés selon la pertinence des indicateurs de résultats du projet, le mécanisme de financement et les retombées socio-économiques du projet pour le Québec afin de choisir le projet le plus profitable pour la société.

Selon le guide des appels à projet (MEI, 2020), les projets soumis sont évalués selon les critères suivants :

- objectifs, qualité et pertinence du projet ;
- caractère innovant du projet ;
- potentiel de commercialisation ;
- niveau d'engagement des partenaires financiers ou du milieu preneur ;
- aptitude de l'équipe et de l'entreprise ou de l'organisme à mener à terme le projet;
- nombre et pertinence des partenaires d'exécution ;
- contribution du projet à une plus large adoption de l'IA par l'entreprise utilisatrice ;
- contribution au développement de la relève ;
- stratégie de protection de la propriété intellectuelle ;
- retombées pour le Québec (retombées économiques et sociales, consolidation des connaissances, etc.).

Une grille opérationnelle d'analyse coût-bénéfice comportant des critères objectifs, clairement définis par les experts sert d'outil pour l'évaluation des projets (grille d'analyse coût-bénéfice en annexe 2). En plus de cet outil, un cadre d'échange est créé à travers la mise en place de comités selon les secteurs tels que le comité santé et le comité IA pour valider certains enjeux y compris ceux liés à l'analyse coût-bénéfice des projets. Ces comités se réunissent chaque semaine pour statuer sur des questions d'intérêt majeur.

Cette analyse contribue à la réalisation de la vision stratégique du gouvernement définie dans la SQRI<sup>2</sup> 2022-2027.

Il est à noter que les autres indicateurs de l'évaluation économique de programmes notamment la valeur actuelle net (VAN), le taux de rendement interne (TRI) et le délai de récupération (DR) ne sont pas utilisées par les professionnels de la DRC pour faire les recommandations sur la faisabilité des projets et leur viabilité. Ces indicateurs, biens que pertinents, nécessitent beaucoup de ressources humaines et surtout un temps relativement important pour estimer l'ensemble des coûts et des bénéfices des projets pour la collectivité. Or, l'un des atouts du programme est son agilité, ce qui inclut la nécessité de le mettre rapidement en oeuvre. Pour cette raison, les professionnels de la DRC articulent leur analyse sur les retombées socio-économiques, la consolidation des connaissances pendant et après la mise en œuvre du projet et son coût financier. Ils s'attardent moins sur l'évaluation exhaustive des coûts pour la collectivité.

Cependant, il est recommandé de procéder quand même à une analyse coûts-bénéfices exhaustive de certains de ces projets pour s'assurer que le programme permet de financer des projets dont les bénéfices pour la collectivité surpassent les coûts pour la collectivité. La DRC pourrait en effet choisir aléatoirement quelques-uns des projets qui subiraient un processus d'évaluation complète.

## **5.2 Mesure de l'innovation comme enjeu évaluatif**

Une mesure judicieuse de l'innovation et l'utilisation des données y afférentes dans la recherche peuvent aider les décideurs à mieux comprendre les mutations économiques et sociales, analyser le rôle (bénéfique ou néfaste) de l'innovation dans la réalisation des objectifs socio-économiques, et suivre et évaluer l'efficacité et l'efficience de leurs politiques (OCDE/Eurostat, 2019).

Le défi dans la mesure de l'innovation réside dans la complexité de sa définition. Les méthodes de mesure en innovation viennent généralement d'une approche plus traditionnelle empruntée à l'industrie scientifiques et technique. L'OCDE utilise deux types de mesures d'indicateur :

- les ressources allouées, dépenses de R-D engagées par les entreprises et le gouvernement à la R-D. cette mesure ne s'intéresse qu'aux ressources allouées aux activités et ne tient pas compte des résultats de cette activité ;
- les comptages de brevets, notamment la quantité de brevets déposés, le ratio brevets déposés par rapport aux brevets acceptés, la reconnaissance d'un droit à la propriété intellectuelle internationale. Cette mesure capture un résultat à savoir le brevet qui traduit l'aboutissement de la recherche.

Il importe de savoir que toutes les inventions ne sont pas brevetées, ni brevetables et nombre d'inventions brevetées ne sont pas mises en application par la suite.

D'autres métriques peuvent être utilisées à travers l'appréciation du succès commercial des innovations développées :

- quantité de bénéfices/gains ;
- croissance du chiffre d'affaires et des revenus atteint par l'innovation vendue sur un marché cible considérant sa compétition et son positionnement ;
- taux de rentabilité de l'action ;
- croissance de la marge opérationnelle ;
- création d'un nouveau marché ;
- effets de l'innovation sur la croissance économique.

Certaines firmes de consultance comme Trendemic (2013) ont relativement la même conception de la mesure de l'innovation et proposent 5 secteurs pour la mesure en entreprise.

Ce sont :

- la culture de l'organisation dans laquelle la tolérance au risque, la capacité de changement et la tolérance de l'entreprise à l'erreur, l'engagement de la direction à encourager les collaborateurs à innover, la rapidité d'évaluation des idées des collaborateurs, la transparence dans la mise en place d'idées issues de l'interne et la capacité de co-responsabilisation direction-collaborateurs peuvent être mesurés ;
- les collaborateurs dont il faut mesurer la capacité de créativité, l'intérêt pour l'innovation (nombre d'idées soumises, ouverture à la nouveauté, ...), le niveau de prévisibilité et de flexibilité auquel ils sont prêts à renoncer (risque encouru) et la capacité à changer sa façon de travailler au nom de l'innovation (organisation personnelle, apprentissage professionnelle, adaptation, ...) ;
- les processus par la mesure du bon fonctionnement du processus d'innovation, de la productivité de l'équipe engagée dans le processus d'innovation, de l'audit de la compréhension des rôles de chacun et les données quantitatives brutes telles que le nombre d'idées captées/réalisées, le temps nécessaire pour qu'elles arrivent en fin de processus, le nombre d'idées prises en compte et le nombre d'innovations qui en ont résulté (taux de conversion) ;
- les dépôts de brevets (succès de dépôt, volume de dépôt et l'influence du brevet) ;

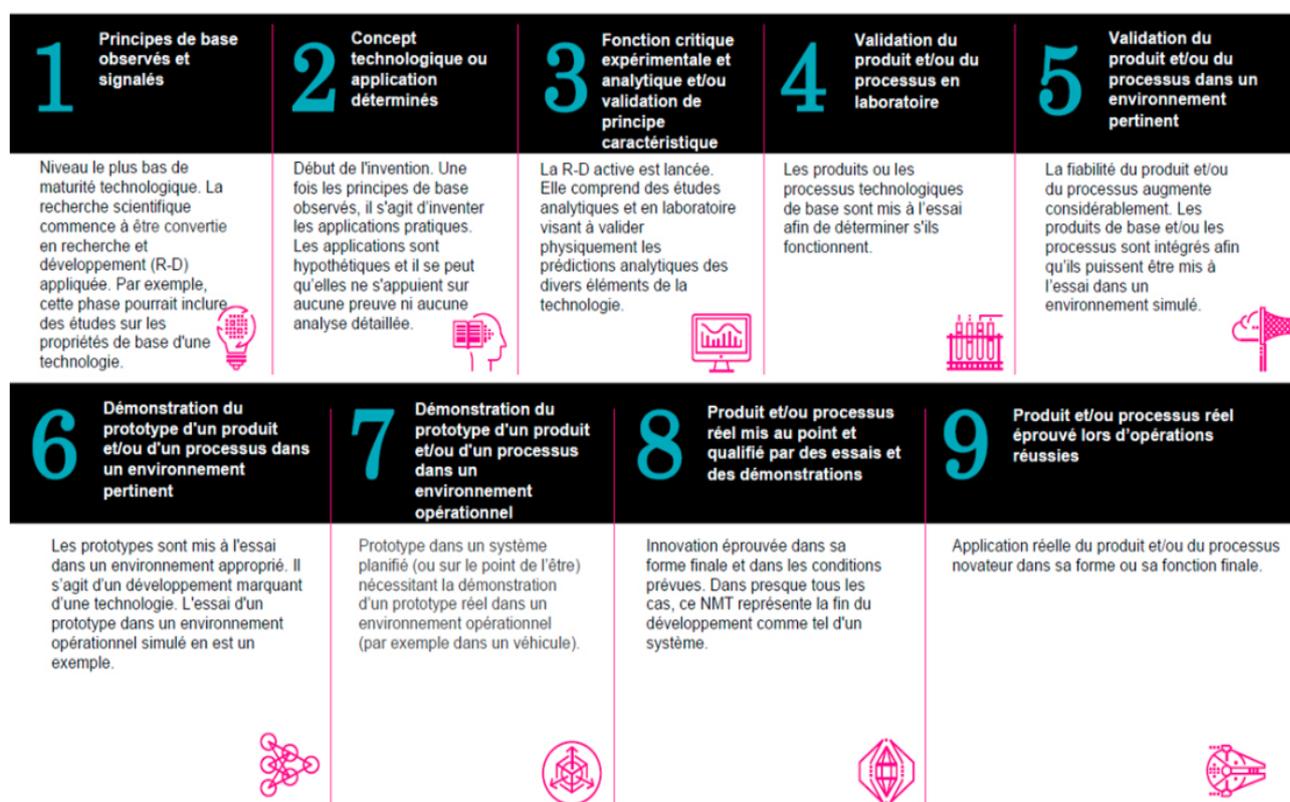
- les résultats avec la possibilité de mesurer le nombre d'innovations réussies par an ou après trois ans, la part de marché avant et après la commercialisation de l'innovation, le taux de satisfaction des clients avant et après, la mesure des avantages financiers de l'innovation, tels que le retour sur investissement de l'investissement.

Les travaux sur les indicateurs et les études économétriques connexes doivent dépasser le cadre des intrants et des activités de l'innovation pour inclure ses résultats et ses impacts (OCDE, 2010). Il convient cependant de préciser que la mesure de la technologie développée dans le cadre du projet d'innovation répond à des critères de maturité qui s'étalent tout le long du processus.

L'échelle de maturité technologique ou Technology Readiness Level (TRL) est un outil développé par la NASA qui a pour but de déterminer, de manière commune à tout secteur d'application, si une technologie est plus ou moins proche du stade où elle pourra être intégrée dans un système ou un sous-système opérationnel (référence). Elle permet d'apprécier l'utilité et l'intérêt de pouvoir financer le projet et d'évaluer les moyens qu'il est opportun d'y consacrer. L'échelle TRL est l'outil le plus utilisé depuis sa création. Elle se base sur neuf niveaux de maturité technologique qui permettent de décrire l'avancement d'un projet dans un domaine particulier.

Figure 11: 9 niveaux de l'échelle TRL

Beaucoup des programmes financent ou soutiennent d'une autre façon les projets aux étapes de développement pré-commercial. Il s'agit des **9 niveaux de maturité technologique**, le niveau 1 étant le moins prêt et 9 étant appliqué dans des conditions réelles.



Source : Gouvernement du Canada, 2018

Afin de simplifier la lecture et la compréhension de l'échelle TRL, les neuf niveaux se résument en trois phases (Leac, 2022) :

- la phase de recherche qui comprend les niveaux 1 à 3 ;
- la phase de développement comportant les niveaux 4 à 6 ;
- la phase de déploiement qui concerne les niveaux 7 à 9.

Au Canada, les niveaux 7 à 9 représentent la phase de précommercialisation des innovations. C'est à ces niveaux que les innovations deviennent admissibles au Programme d'innovations construire au Canada (Gouvernement du Canada, 2018).

Une autre échelle dite Innovation Readiness Level (IRL), conçue sur le modèle TRL, a été mise au point par l'écosystème wallon de l'innovation en Belgique pour permettre de situer un projet en regard de l'innovation au sens large grâce à des points de repères, communs et structurants. Elle permet de clarifier les niveaux d'avancement. C'est une approche plus générique. Elle se

veut un outil de communication et de collaboration dans les partenariats d'innovation (Université de Liège, 2019).

Figure 12: Échelle IRL



Source : <https://www.ra-innovation.uliege.be/2019/innovation-readiness-level/>

## **6. Conclusion**

Le présent travail apporte une compréhension approfondie des pratiques de la DRC dans l'accompagnement des entreprises québécoises innovantes dans le cadre de la SQRI<sup>2</sup> 2022-2027 et dans le développement de l'écosystème de l'IA plus particulièrement. La rédaction de ce rapport nous a permis d'identifier de nombreux concepts en lien avec la recherche collaborative et l'innovation ainsi que dans le domaine de l'IA, dont les différents principes et exigences qui régissent le développement sécuritaire d'une IA de confiance notamment. Aussi, la mesure de l'innovation et l'analyse coût-bénéfice des projets constituent un véritable enjeu pour la gouvernance publique.

Dans le cadre de ce travail avons recensé et colligé suffisamment d'informations qui contribuent à une meilleure compréhension de la recherche collaborative et la connaissance de l'IA et de son écosystème au Québec.

Ce stage nous a permis de mettre en pratique nos connaissances théoriques dans un contexte organisationnel très enrichissant tel que la DRC du MEIE du Québec et de développer des aptitudes professionnelles pertinentes.

## Bibliographie

- 1- Bednarz, N. (2015). La recherche collaborative. *Carrefours de l'éducation*, 39, 171-184. <https://doi.org/10.3917/cdle.039.0171>
- 2- Christensen, C. (1997), *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Harvard Business School Press, Boston, MA.
- 3- Commission européenne, Direction générale des réseaux de communication, du contenu et des technologies, *Lignes directrices en matière d'éthique pour une IA digne de confiance*, Publications Office, 2019, <https://data.europa.eu/doi/10.2759/74304>
- 4- Conseil de l'Europe.(s.d.). *L'IA, c'est quoi?* Consulté 15 octobre 2022, à l'adresse <https://www.coe.int/fr/web/artificial-intelligence/what-is-ai>
- 5- CScience (2020). Le cycle de vie d'un projet d'intelligence artificielle. (2020). <https://www.cscience.ca/2020/10/13/le-cycle-de-vie-dun-projet-dintelligence-artificielle/>
- 6- Déclaration de Montréal IA responsable. (2017). Signataires. <https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/signataires> (consulté le 13 octobre 2022)
- 7- Déclaration de Montréal IA Responsable. (2018). *Rapport de la Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle*. [https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/\\_files/ugd/ebc3a3\\_d806f109c4104c91a2e719a7bef77ce6.pdf](https://www.declarationmontreal-iaresponsable.com/_files/ugd/ebc3a3_d806f109c4104c91a2e719a7bef77ce6.pdf)
- 8- Desgagné, S. (1997). Le concept de recherche collaborative : l'idée d'un rapprochement entre chercheurs universitaires et praticiens enseignants. *Revue des sciences de l'éducation*, 23(2), 371–393. <https://doi.org/10.7202/031921ar>
- 9- Dubé, C. (2012). *L'INNOVATION DÉFINITIONS ET CONCEPTS*. Ministère de l'Agriculture, Pêcherie et Alimentation du Québec MAPAQ, 2012, 8 pages.
- 10- Future of Life Institute. (2017). AI principles. [AI Principles - Future of Life Institute](https://futureoflife.org/principles/)
- 11- Gouvernement du Canada. (2018). *Niveaux de maturité technologique*. Consulté le 6 novembre 2022 sur <https://ised-isde.canada.ca/site/innovation-canada/fr/niveaux-maturite-technologique>
- 12- Gouvernement du Québec. (2021). *Stratégie d'intégration de l'intelligence artificielle dans l'administration publique 2021-2026*. administration publique, 34.

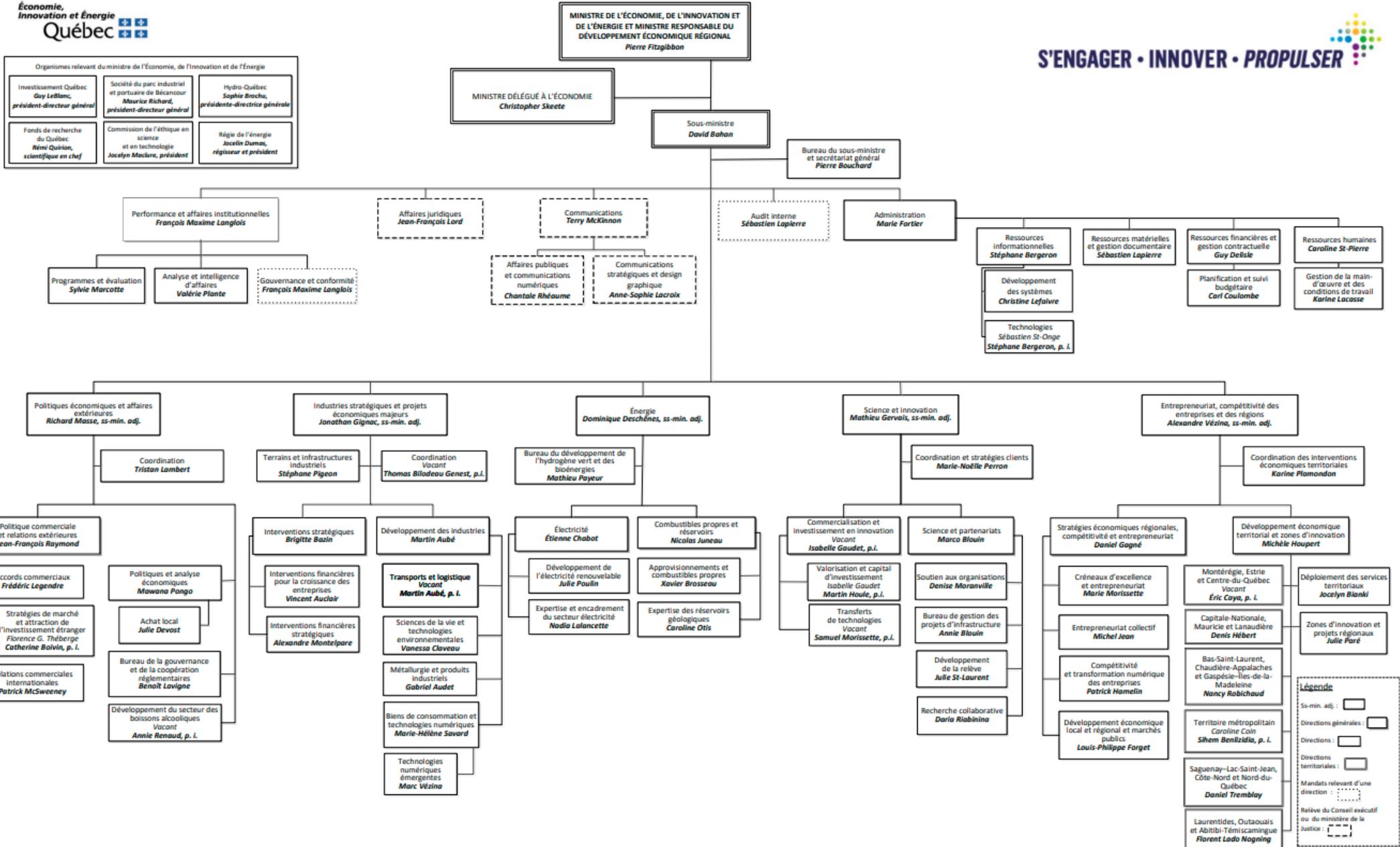
- 13- Gringsjord, S. et N. Govindarajulu (2018), *Artificial Intelligence*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy Archive, <https://plato.stanford.edu/archives/fall2018/entries/artificial-intelligence/>
- 14- Hours, H. (2019). L'intelligence artificielle, principes et limites. *Revue Défense Nationale*, 820, 49-54. <https://doi.org/10.3917/rdna.820.0049>
- 15- Insee. (s. d.). *Définition—Innovation*. Consulté 26 septembre 2022, à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1182>
- 16- Insee. (s. d.). *Définition—Recherche et développement expérimental / R&D / Travaux de recherche et développement / R&D / Travaux de recherche et développement* | Consulté 10 octobre 2022, à l'adresse <https://www.insee.fr/fr/metadonnees/definition/c1174>
- 17- Investissement Québec. (2022). *Programme innovation*. Ministère de l'Économie, de l'innovation et de l'énergie. Consulté le 27-10-2022 sur <https://www.economie.gouv.qc.ca/bibliotheques/programmes/aide-financiere/programme-innovation>
- 18- [Le Journal de Montréal.\(2022\). Un pancréas artificiel conçu au Québec. Consulté 11 décembre 2022, à l'adresse https://www.journaldemontreal.com/2022/11/14/un-pancreas-artificiel-concu-au-quebec](https://www.journaldemontreal.com/2022/11/14/un-pancreas-artificiel-concu-au-quebec)
- 19- Leac, J.-P. (2022, février 12). Qualifier l'innovation, comprendre les TRL. Les cahiers de l'innovation. <https://www.lescahiersdelinnovation.com/qualifier-l-innovation-comprendre-les-trl/>
- 20- Lefrançois, R. (1997). La recherche collaborative : essai de définition. *Nouvelles pratiques sociales*, 10(1), 81–95. <https://doi.org/10.7202/301388ar>
- 21- MEIE. (2022). *Stratégie québécoise de recherche et d'investissement en innovation 2022-2027*. Consulté 25 septembre 2022, à l'adresse <https://www.quebec.ca/gouvernement/ministere/economie/publications/strategie-quebecoise-de-recherche-et-dinvestissement-en-innovation-2022-2027>
- 22- MEIE. (2022). *R-D et innovation*. Gouvernement du Québec. Consulté le 27-10-2022 sur <https://www.economie.gouv.qc.ca/objectifs/ameliorer/r-d-et-innovation>
- 23- Ministère de l'Économie et de l'Innovation. (2018). *Stratégie pour l'essor de l'écosystème québécois en intelligence artificielle*. Gouvernement du Québec.
- 24- Ministère de l'Économie et de l'Innovation. (2020). *Appel de projets d'innovation en intelligence artificielle : recherche industrielle en collaboration et soutien à l'entrepreneuriat innovant*. Gouvernement du Québec.

- 25- Newell, N., 1973, "You Can't Play 20 Questions with Nature and Win: Projective Comments on the Papers of this Symposium", dans *Visual Information Processing*, W. Chase, ed., New York, NY: Academic Press, p. 283–308.
- 26- OCDE (2010), *Mesurer l'innovation : Un nouveau regard*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264084421-fr>
- 27- OCDE (2016), « Concepts et définitions permettant d'identifier la R-D », dans *Frascati Manual 2015 : Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*, Éditions OCDE, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264257252-4-fr>
- 28- OCDE (2016). *L'impératif d'innovation : contribuer à la productivité, à la croissance et au bien-être*. OCDE Publishing, Paris. DOI : <http://dx.doi.org/10.1787/9789264251540-fr>
- 29- OCDE (2019), *L'intelligence artificielle dans la société*, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/b7f8cd16-fr>.
- 30- OCDE( s.d.).*Les pays de l'OCDE investissent plus dans la recherche-développement, mais ils sont confrontés à de nouveaux défis*. Consulté 25 septembre 2022, à l'adresse <https://www.oecd.org/fr/sti/lespaysdelocdeinvestissentplusdanslarecherche-developpementmaisilssontconfrontesadenouveauxdefis.htm>
- 31- OCDE. (2005). *Manuel d'Oslo*. 3rd edition
- 32- OCDE. (2016). *L'impératif d'innovation : contribuer à la productivité, à la croissance et au bien-être*. OCDE Publishing, Paris. DOI : <http://dx.doi.org/10.1787/9789264251540-fr>
- 33- OCDE/Eurostat (2019), *Manuel d'Oslo 2018 : Lignes directrices pour le recueil, la communication et l'utilisation des données sur l'innovation, 4ème édition*, Mesurer les activités scientifiques, technologiques et d'innovation, Éditions OCDE, Paris, <https://doi.org/10.1787/c76f1c7b-fr>.
- 34- Raymond P. R. (2021). *SAMI 4.0, Le robot qui cueille les brocolis*. Le Soleil. Consulté le 21 novembre 2022 sur [SAMI 4.0, le robot qui cueille les brocolis \[VIDÉO\] | Affaires | Le Soleil - Québec](#)
- 35- Représentation permanente de la France auprès de l'OCDE. (2018) *L'Innovation à l'OCDE*. Consulté 25 septembre 2022, à l'adresse <https://ocde.delegfrance.org/L-Innovation-a-l-OCDE>
- 36- Représentation permanente de la France auprès de l'OCDE. (2021.). *Historique*. Consulté 25 septembre 2022, à l'adresse <https://ocde.delegfrance.org/Historique-article>

- 37- Russell, S. & Norvig, P., 1995, *Intelligence artificielle : Une approche moderne* , Saddle River, NJ : Prentice Hall.
- 38- Russell, S. & Norvig, P., 2002, *Intelligence artificielle : Une approche moderne 2e édition* , Saddle River, NJ : Prentice Hall.
- 39- Russell, S. & Norvig, P., 2009, *Intelligence artificielle : Une approche moderne 3e édition* , Saddle River, NJ : Prentice Hall.
- 40- Segard, A. & Baehr, A. (2020, novembre 24). *Les travaux de la Commission Européenne sur l'IA de confiance*. Quantmetry. <https://www.quantmetry.com/blog/ia-de-confiance-exigence-et-opportunite-europeenne/>
- 41- Shannon, C. (1950), « XXII. Programming a computer for playing chess », *The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, vol. 41/314, pp. 256-275.
- 42- Somers, J. (2013), « The man who would teach machines to think », *The Atlantic*, November, <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2013/11/the-man-who-would-teach-machines-to-think/309529/>
- 43- Trendemic.(2013). *Comment mesurer l'innovation?* Consulté le 6 novembre 2022 sur <https://www.trendemic.net/comment-mesurer-innovation/>
- 44- Turing, A., 1950, « Machines informatiques et intelligence », *Mind* , LIX : 433–460.
- 45- Université de Liège. (2019). *Innovation Readiness Level*. Consulté le 6 novembre 2022 sur <https://www.ra-innovation.uliege.be/2019/innovation-readiness-level/>
- 46- Vinatier, I. & Morrissette, J. (2015). Les recherches collaboratives : enjeux et perspectives. *Carrefours de l'éducation*, 39, 137-170. <https://doi.org/10.3917/cdle.039.0137>
- 47- Wikipédia. (2022). *Ministère de l'Économie et de l'Innovation*. [https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Minist%C3%A8re\\_de\\_l%27%C3%89conomie\\_et\\_de\\_l%27Innovation&oldid=193926580](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Minist%C3%A8re_de_l%27%C3%89conomie_et_de_l%27Innovation&oldid=193926580)

## **Annexes**

# Annexe 1 : Organigramme du MEIE



## Annexe 2 : Grille d'analyse coût-bénéfice de la DRC

Analyse Coûts/Bénéfices	
<b>Identification :</b>	<b>Numéro Clientis :</b>
<b>Titre du projet :</b>	
<b>Établissement de recherche public principal :</b>	
<b>Entreprises participantes :</b>	
<b>Montant demandé au MEIE :</b>	<b>Coût total du projet :</b>
<b>TRL de départ :</b>	<b>Durée du projet :</b>
<b>Note scientifique :</b>	<b>Note globale :</b>
<b>1. Résumé succinct (3-4 lignes)</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le paragraphe sera intégré dans l'état de situation de la note qui cheminera pour donner suite au projet.</li> <li>Le résumé doit être succinct, compréhensible pour des généralistes et éviter un vocabulaire trop technique.</li> <li>Les entreprises partenaires doivent être mentionnées, ainsi que l'objectif principal du projet.</li> </ul>	
<b>2. Coûts</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampleur du financement demandé.</li> <li>Pertinence des dépenses pour atteindre les objectifs du projet.</li> </ul>	
<b>3. Bénéfices du projet (entreprises, PHQ, Québec)</b>	
<b>3.1. Retombées pour l'entreprise :</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Amélioration du positionnement de l'entreprise (développement produits/services ou marchés).</li> <li>Amélioration de la performance de l'entreprise (amélioration de la productivité, réduction des coûts, etc.).</li> <li>Adéquation du livrable avec le plan d'affaire de l'entreprise.</li> </ul>	
-	
<b>3.2. Bénéfices pour la formation de la relève :</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Nombre d'étudiants et de stagiaires participant au projet.</li> <li>Qualité de la formation et adéquation avec les besoins des entreprises du Québec.</li> <li>Part du budget consacré à la formation dans le total.</li> </ul>	

<b>3.3. Bénéfices pour le Québec (économiques, sociaux, environnementaux et scientifiques) :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Effet structurant pour le secteur industriel (développement d'expertise, nouveau marché ou consolidation de la chaîne de valeur).</li> <li>• Retombées sociales et environnementales.</li> <li>• Effet structurant pour le milieu de la recherche publique.</li> </ul>	
<b>4. Autres éléments à considérer</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risques.</li> <li>• Capacité du projet à démarrer à court terme.</li> </ul>	
<b>5. Recommandation de financement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oui/Non, justification et le cas échéant, conditions de financement et niveau de financement recommandé.</li> </ul>	
<b>6. Résumé de l'analyse Coûts/Bénéfices</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le paragraphe sera intégré dans la section Analyse et commentaires de la note qui cheminera pour donner suite au projet.</li> <li>• Pour les retombées, il faut privilégier les retombées mesurables et tangibles, et éviter les retombées générales qui s'appliquent à tous les projets (ex : hausse de la productivité de l'entreprise).</li> </ul>	
<b>7. Résumé détaillé du projet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le paragraphe sera intégré dans l'annexe A de la convention et de la note.</li> <li>• Plus longue description du projet : partenariat, problématique et principaux objectifs.</li> <li>• Rester objectif. Ne pas inclure les éléments subjectifs tels que les retombées du projet.</li> </ul>	
<b>Préparé par :</b>	<b>Date :</b>

