

**ANALYSE
COMPARATIVE
D'ÉCOSYSTÈMES
EN IA**

dans le but de repérer les pratiques innovantes en matière de formation et de transfert de connaissances



**Rapport préparé sous la direction de
Nathalie de Marcellis-Warin, Ph. D. (Polytechnique Montréal, CIRANO, OBVIA)**
Pour le Forum IA Québec et le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle

Résumé exécutif



Ce document est le résumé exécutif d'un rapport qui a été préparé par le Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO) en collaboration avec la fonction Veille et enquêtes de l'Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique (OBVIA) dans le cadre d'un mandat proposé par le Forum IA Québec et le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle (PIA).

Rapport préparé sous la direction de :

- **Nathalie de Marcellis-Warin**, professeure titulaire au département de mathématiques et génie industriel, Polytechnique Montréal, présidente-directrice générale du CIRANO et chercheuse co-responsable de la fonction Veille et enquêtes de l'OBVIA.

Collaboratrices pour la rédaction du rapport :

- **Ariane Durand**, directrice du projet au CIRANO. Ariane a collaboré sur la gestion du projet, la conduite des entrevues, l'analyse et la rédaction des fiches des études de cas.
- **Juliette Lhuisset**, étudiante à la maîtrise à Polytechnique Montréal. Juliette a collaboré sur la revue de littérature et la comparaison des écosystèmes en IA.

Contributeur-trices

Plusieurs experts ont participé à la réflexion autour de la problématique du mandat et ont facilité la mise en contact avec des représentants des écosystèmes canadiens et à l'international. Plusieurs rencontres ont été organisées. Des chercheurs du CIRANO ont apporté leur expertise sur différentes parties et ont été impliqués dans la réflexion, la relecture et les réponses aux commentaires du rapport :

- **Benoit Dostie**, professeur titulaire au département d'économie appliquée, HEC Montréal, Chercheur principal Innovation et transformation numérique au CIRANO, co-responsable de la fonction Veille et enquêtes de l'OBVIA.
- **Thierry Warin**, professeur titulaire au département des Affaires internationales, HEC Montréal, chercheur principal en science des données au CIRANO, chercheur à l'OBVIA.
- **Genevieve Dufour**, directrice des grands projets de collaboration au CIRANO

Plusieurs partenaires ont aussi été consultés durant le processus :

- **Lyse Langlois**, directrice générale de l'OBVIA.
- **Audrey Murray**, présidente, Commission des partenaires du marché du travail (CPMT).
- **Anne-Marie Hubert**, associée directrice pour l'Est du Canada, EY Canada.

Des échanges réguliers ont eu lieu avec le **comité de suivi** mis en place par le Forum IA Québec et le PIA. Ce comité était coordonné par **Réjean Roy** (pour le Forum IA Québec) et **Benoit Pagé** (pour le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle). Des représentants du Mila, d'IVADO, de l'OBVIA et de JACOBBS ont participé aux rencontres.

Pour citer le rapport : De Marcellis-Warin, N. (2022). *Analyse comparative d'écosystèmes en IA dans le but de repérer les pratiques innovantes en matière de formation et de transfert de connaissances* (2022RP-20, CIRANO). <https://doi.org/10.54932/SXOH3928>

Objectif de l'étude

Le Forum IA Québec et le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle (PIA) ont mandaté le CIRANO, en collaboration avec la fonction Veille et enquêtes de l'OBVIA, pour conduire une analyse comparative d'écosystèmes en IA, afin de repérer certaines pratiques innovantes en matière de formation et de transfert de connaissances et de faire des recommandations pour le Québec.

Méthodologie de l'étude et écosystèmes en IA étudiés

La méthodologie s'est articulée en trois volets : 1) la réalisation d'une revue de documents et rapports publiés sur la formation et le transfert de connaissances en IA au Québec, dans le reste du Canada et ailleurs dans le monde, 2) La sélection d'écosystèmes en IA à explorer selon plusieurs critères (l'IA dans leur stratégie nationale, les initiatives innovantes, les pratiques de collaboration, l'utilisation responsable de l'IA), et 3) la conduite d'entrevues avec des représentants en lien avec les initiatives de formation et de transfert de connaissances au Québec et dans les écosystèmes retenus. • 13 écosystèmes ont été retenus dans 4 zones géographiques: Amérique du Nord (Canada avec l'Ontario, la Nouvelle-Écosse et la Colombie-Britannique, États-Unis avec la Californie et le Massachusetts), Europe (France, Belgique, Suède, Finlande, Allemagne, Royaume-Uni), Asie (Singapour) et Moyen-Orient (Israël). • Les offres de formation ont été catégorisées en fonction des types d'organisations (établissements d'enseignement ou autres institutions/organisations) et selon le format, diplômant ou non. Chaque individu a une stratégie de formation qui lui est propre pour sa formation initiale, sa préparation à l'intégration du marché du travail et le rehaussement de ses compétences en IA. Le transfert de connaissances dans le domaine de l'IA passe par des activités d'accompagnement et de collaboration entre établissements d'enseignement et entreprises. • La littératie numérique, de l'IA et des données forme une base de compétences nécessaires pour comprendre le niveau d'éveil à l'IA et les besoins de formations ainsi que l'acceptabilité sociale de l'IA.

Défis actuels des écosystèmes en IA et forces et faiblesses de l'écosystème québécois

Les défis actuels des écosystèmes en IA sont caractérisés par une forte demande de talents en intelligence numérique, une demande de formations qui répondent aux besoins du marché, l'émergence de nouveaux profils d'emploi, une demande en hausse pour le rehaussement des compétences des travailleurs en emploi et une adoption de l'IA par les entreprises encore limitée à certains secteurs. C'est ce qui a motivé la mise en place de nombreuses initiatives des établissements d'enseignements et d'autres types d'acteurs, autant en matière de formation que de transfert de connaissances. Pour le Québec, les rapports qui ont été publiés en 2020 et 2021 ainsi que les entrevues menées auprès des acteurs de l'écosystème en IA ont permis de faire un survol des forces et des faiblesses. Le Québec est reconnu pour son importante communauté de recherche en IA et son positionnement pour un développement responsable de l'IA. De nombreux établissements d'enseignement ont remodelé leurs programmes pour répondre aux enjeux du numérique et aux besoins du marché. Des initiatives concertées cégeps-universités ont été mises en place et des collaborations de recherche appliquée ou l'intégration de stages ont vu le jour. Plusieurs instituts et organisations participent à accompagner les entreprises dans

l'adoption de l'IA. Toutefois, la multiplicité des acteurs est souvent vue comme un obstacle pour les entreprises. Plusieurs organisations n'utilisent pas l'IA faute de compréhension générale de l'IA et de ses applications et en raison de la difficulté d'évaluer leur niveau de maturité, d'identifier les compétences nécessaires ou les besoins de formation pour les employés.

Principaux constats qui ressortent des analyses des écosystèmes en IA illustrés par une sélection d'études de cas

Six grands constats ont pu être faits concernant les pratiques innovantes en matière de formation et de transfert de connaissances existantes à partir de l'analyse des écosystèmes en IA.

Constat 1 : Une offre de formations en IA appliquée interdisciplinaire et interuniversitaire

Tous les écosystèmes font ressortir une offre importante de formations en IA mais certaines se démarquent par leurs spécificités interdisciplinaires et interuniversitaires, soit en intégrant des cours d'application de l'IA, soit en proposant des programmes intégrés. Des formations interdisciplinaires courtes et en ligne ciblent aussi les exécutifs et les gestionnaires qui les choisissent le plus souvent selon le prestige de l'établissement.

Constat 2 : Des parcours d'apprentissage expérientiel "bidirectionnel" avec un accompagnement et du mentorat

Le marché recherche des étudiants qui ont déjà de l'expérience avec des applications de la science des données et de l'IA. Les établissements mettent en place des schémas de collaboration entre établissements, avec des instituts de recherche ou des entreprises en offrant du mentorat et de l'accompagnement. Cela prend la forme de stages intégrés dans les formations, de formations en alternance ou de projets en collaboration avec des entreprises. Ce transfert de connaissances est valorisé dans les deux sens notamment dans le cas de projets avec des PME qui se forment en même temps.

Constat 3 : Des écosystèmes qui intègrent les enjeux éthiques de l'IA dans les formations et le transfert de connaissances en IA et en font une marque de différenciation

Les établissements d'enseignement proposent des formations qui intègrent l'enseignement des principes éthiques et de responsabilité sociale dans les cours techniques pour éviter de donner une simple « couleur éthique » à la formation. Des cours spécifiques, conférences ou webinaires en éthique sont aussi donnés pour sensibiliser les professionnels. Certains écosystèmes en font une véritable marque de différenciation.

Constat 4 : Une offre de formations qui s'ajuste rapidement et qui répond sur « mesure » aux besoins des entreprises

Les offres de formation étudiées se démarquent par leur adéquation avec la réalité des besoins du marché. Les entreprises pratiquent une identification poussée des besoins en compétences, et reconnaissent des cours en ligne dans leur plan de formation. Certains partenariats employeur/université offrent des formations sur mesure mais ce sont surtout les entreprises d'éducation qui proposent le plus rapidement de nouvelles formations.

Constat 5 : Un accompagnement et un transfert de connaissances ciblé (par type d'entreprise, type de communauté, domaine d'application ou secteur)

Les écosystèmes étudiés proposent des stratégies d'accompagnement et de transfert de connaissances qui prennent en compte les besoins spécifiques des connaissances techniques, de certaines entreprises

(startup ou PME) ou des domaines d'application précis (par ex. l'IA pour le secteur des océans) ou de communautés minoritaires ou d'immigrants pour les intégrer plus rapidement dans l'écosystème.

Constat 6 : Des formations - visibles et soutenues par les gouvernements - pour sensibiliser et informer la population des opportunités et des enjeux de l'IA

Plusieurs écosystèmes ont mis en place des cours ou des programmes pour sensibiliser la population sur les opportunités et les enjeux de l'IA. Ces formations sont mises en avant et soutenues par les gouvernements. Certains cours ont des modules plus avancés qui peuvent aussi permettre aux étudiants, professionnels, et entreprises de mieux appréhender le potentiel de l'IA et des transformations nécessaires pour créer un nouveau modèle d'affaires ou améliorer leurs processus.

Recommandations pour améliorer la formation et le transfert de connaissances en IA au Québec

À la suite des constats sur les pratiques innovantes pour la formation et le transfert de connaissances dans les écosystèmes en IA étudiés, et à la suite des discussions que nous avons eues avec des représentants de l'écosystème québécois, nous avons identifié certaines pistes qui pourraient être recommandées pour le Québec.

- ✦ Recommandation 1 : Élargir l'offre de programmes de formations initiales en IA appliquée combinées à des formations interdisciplinaires et interuniversitaires.
- ✦ Recommandation 2 : Créer des opportunités de développement professionnel qui font la promotion de parcours expérientiels et offrir plus de formations intégrant ce type de modalités d'apprentissage.
- ✦ Recommandation 3 : Valoriser les formations en IA responsable intégrées dans les programmes ou dans le transfert de connaissances pour qu'elles soient vues comme une différenciation de l'offre au Québec.
- ✦ Recommandation 4 : Augmenter la collaboration entre les établissements d'enseignement et les entreprises pour soutenir des programmes de formation « sur mesure » offrant des attestations ou des certifications pour les travailleurs souhaitant acquérir des compétences ou se perfectionner en IA.
- ✦ Recommandation 5 : Mettre en place des moyens pour mieux informer et former les décideurs et les gestionnaires au potentiel d'applications de l'IA dans leur contexte d'affaires de même qu'aux facteurs de succès qui favorisent une adoption efficace et responsable.
- ✦ Recommandation 6 : Élaborer une stratégie provinciale pour sensibiliser la population du Québec aux opportunités et aux enjeux de l'IA et augmenter la littératie numérique.

SCHÉMA 1 : PANORAMA DES ÉCOSYSTÈMES EN IA ÉTUDIÉS DANS LE BUT DE REPÉRER DES PRATIQUES INNOVANTES EN MATIÈRE DE FORMATION ET DE TRANSFERT DE CONNAISSANCES



SCHÉMA 2 : TYPES D'OFFRES DE FORMATION ET DE TRANSFERT DE CONNAISSANCES EN IA – RÉFÉRENTIEL GLOBAL



Éveil du besoin de compétences pour travailler en IA, l'utiliser ou comprendre sa valeur pour l'organisation

FORMATIONS OFFERTES PAR DES ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT

Ces formations sont qualifiantes et transférables et possèdent un objectif d'apprentissage encadré par un établissement d'enseignement. Ces activités offrent un diplôme ou une attestation de l'établissement reconnu à travers le marché.

FORMATIONS OFFERTES PAR D'AUTRES TYPES D'ORGANISATIONS / INSTITUTIONS

Ces formations possèdent un objectif d'apprentissage pointu et permettent l'évolution des compétences. Elles sont offertes sous plusieurs formats et par plusieurs acteurs. Les compétences acquises peuvent être reconnues par le marché.

TRANSFERT DE CONNAISSANCES

Le transfert de connaissances en IA peut prendre plusieurs formes et passer par des activités :

- d'accompagnement ;
- d'exécution ;
- de collaborations de recherche université/entreprise.

stages, projets d'entreprise, projets de recherche collaboratifs

Formations initiales

(premiers cycles et/ou cycles supérieurs)

- Programmes cégeps
- Programmes universitaires

Formation continue

- Formations intensives collégiales
- Programmes de formation continue
- Cours offerts par des instituts de recherche
- Programmes de formation exécutive

- Conférences / webinaires / communautés de pratique / concours
- Coaching / incubateurs / accélérateurs

- Autoformation (cours de tous niveaux, techniques et non techniques)
- Formation par des organismes de formation
- Formations de chercheurs industriels
- Formations en entreprise
- Universités d'entreprise

Reconnaissance et transferts potentiels

Identification d'un besoin de rehaussement des compétences (experts en IA et experts d'autres métiers)

Littératie numérique, de l'IA et des données

Information et sensibilisation sur la valeur des compétences numériques de base, sur ce qu'est l'IA, le partage de données ainsi que les opportunités et enjeux pour la société

Education aux STIM (primaire et secondaire)

Apprentissage interdisciplinaire et intégré des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques et leur capacité à les utiliser dans des situations réelles

+ Camps scientifiques, expo-sciences, concours de STIM, etc.

+ Formations à la programmation en activités parascolaires.

+ Ateliers en IA

À trois niveaux :

Diagnostic

Évaluation de l'état de maturité en IA de l'organisation afin de comprendre les besoins et la situation actuelle.

Stratégie

Accompagnement dans l'approche, conseils sur l'expérience à créer et les méthodologies à utiliser.

Mise en pratique : applications et utilisation

Développement de projets en IA et support sur l'utilisation de la science des données et de l'IA.