



Recension des besoins en compétences suscités par le développement et la mise en œuvre de l'IA

**Projet réalisé dans le cadre d'une entente avec le Pôle montréalais d'enseignement
supérieur en intelligence artificielle (PIA)**

Rapport rédigé par Julien Gobeil -Proulx, pour l'OBVIA

Québec, Canada

28 juin 2021

Table des matières

Résumé.....	3
Abstract.....	4
Rappel du mandat.....	5
Crédits de rédaction.....	6
Introduction.....	7
Partie 1 : Mise en contexte.....	8
L'intelligence artificielle et l'emploi.....	8
Les différentes applications de l'IA.....	9
L'adoption de l'IA dans les milieux de travail.....	10
Le remplacement et l'évolution de l'emploi.....	11
Une transformation graduelle.....	12
La notion de compétence.....	15
Une catégorisation variable des compétences.....	15
Questions de recherche.....	18
Partie 2 : Méthodologie.....	19
Recension des textes.....	19
Codage et analyse des textes.....	21
Partie 3 : Résultats et discussion.....	22
Quel est l'état de la littérature portant sur les compétences dans les milieux de travail qui intègrent l'IA?.....	22
Quelles compétences émergent de la littérature à titre de compétences phares ou essentielle dans les milieux de travail qui intègrent l'IA?.....	26
Références bibliographiques.....	37
Annexe A: Références bibliographiques des textes retenus dans le projet de recension.....	40

Résumé

Le discours social sur l'intelligence artificielle (IA) nous dit que son développement et ses applications seront la plus grande force de transformation de l'emploi au cours des prochaines années. Depuis quelques années, on assiste à une poussée importante de l'intégration de l'IA dans de nombreux secteurs d'emploi et cette tendance est appelée à se poursuivre. Cette nouvelle présence modifie la nature des emplois et les profils de compétences qui leur sont traditionnellement associés, et ce, même si le rapport à l'IA est indirect dans un emploi donné. Ce projet exploratoire de recension et d'analyse de la littérature s'interroge sur ces compétences qui gagnent en importance dans ces milieux de travail où se déploie l'IA.

Une littérature portant sur cette problématique commence tout juste à se former depuis ces dernières années. Afin de dresser un portrait global de la situation, des écrits récents provenant d'organisations publiques, d'organisations commerciales et du monde académique ont été recensés. De plus, une recension à partir de sept bases de données de textes scientifiques a été menée.

Les compétences spécifiques identifiées dans les textes ont été regroupées en 16 domaines de compétences. Certaines compétences spécifiques se sont démarqués, notamment, la littératie en IA, le travail d'équipe, la créativité et la capacité à résoudre des problèmes complexes. Il est souhaité que les établissements d'enseignement supérieur puissent s'inspirer de ces travaux de recherche afin d'enrichir leurs réflexions sur l'anticipation des besoins de formation à l'ère du numérique et de l'IA.

Abstract

The social discourse on artificial intelligence (AI) tells us that its development and applications will be the greatest force for the transformation of employment in the short, medium and long term. In recent years, there has been a significant surge in the integration of AI in many employment sectors and this trend is set to continue according to several projections. The presence of AI is changing the nature of jobs and the skill profiles traditionally associated with them, even though the link between a and AI is indirect. This scoping review examines which skills are gaining in importance in workplaces where AI is deployed.

The literature on this issue has started to develop in recent years. In order to provide a broad picture of the situation, recent writings from public organizations, business and academia have been consulted. Furthermore, a review using 7 databases of scientific texts was carried out.

The skills and competences identified in the texts have been grouped into 16 areas of competence. Some core skills and competencies stood out, including AI literacy, teamwork, creativity and the ability to solve complex problems. It is hoped that higher education institutions can draw inspiration from this research in order to enrich their thinking on anticipating training needs in the digital and AI age.

Rappel du mandat

Le mandat général vise à mettre en lumière, à partir d'une revue exploratoire de la littérature grise et scientifique, les besoins en compétences dans les milieux de travail suscités par le développement et la mise en œuvre de l'IA.

L'objet du mandat porte sur les besoins en compétences dans les milieux où sont déjà déployés les systèmes en IA. Sont donc retirés de la problématique les besoins en compétences propres aux métiers de l'IA. De fait, on ne cherche pas à identifier les compétences nécessaires à l'insertion professionnelle dans un domaine de l'IA, mais à mieux comprendre quelles sont les compétences complémentaires à l'IA qui gagnent en importance dans un monde du travail où l'IA prend de plus en plus de place. De plus, il est important de garder en tête que nous cherchons à poser un regard généraliste plutôt que précis sur un secteur particulier.

Questions de recherche :

Quelles sont les compétences à développer pour naviguer dans les milieux de travail qui intègrent l'IA?

(1) Quel est l'état de la littérature portant sur les compétences dans les milieux de travail qui intègrent l'IA?

(2) Quelles sont les compétences qui émergent de cette littérature à titre de compétences phares ou essentielles pour naviguer dans un milieu de travail où est déployée l'IA?

Crédits de rédaction

Ce projet de recherche a été mené et rédigé par Julien Gobeil-Proulx, consultant en travaux de recherche pour l'OBVIA. Un comité-expert a été invité à analyser et commenter ce rapport lors de sa conception. Le comité-expert était formé des personnes suivantes:

Lyse Langlois

Professeure titulaire, Université Laval
Directrice de l'OBVIA

Steve Jacob

Professeur titulaire, Université Laval
Titulaire de la chaire de recherche sur l'administration publique à l'ère numérique
Co-responsable de la fonction Politiques publiques de l'OBVIA

Josianne Marsan

Professeure titulaire, Université Laval
Directrice du Centre de recherche en technologies de l'information et affaires (CeRTIA)
Vice-doyenne à la recherche et à l'innovation, FSA ULaval

Pour citer ce rapport :

Gobeil-Proulx, Julien. (2021). *Recension des besoins en compétences suscités par le développement et la mise en œuvre de l'IA*. Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique (OBVIA), 41p.

** Dans ce document, l'utilisation du genre masculin a été adoptée afin de faciliter la lecture et n'a aucune intention discriminatoire.*

Introduction

Les besoins en compétences en milieu de travail où est déployé l'IA

L'IA augmente le besoin en compétences à trois niveaux : des compétences spécialisées en lien avec la programmation et le développement de l'IA, des compétences plus générales pour utiliser et tirer profit de l'IA, et des compétences dites complémentaires qui gagneront en importance avec l'amenuisement des tâches de routines et d'analyse menée par l'IA (OCDE, 2019a). Les deux premiers niveaux portent sur des besoins en compétences spécifiques et générales. Bien qu'ils soient évolutifs, ils s'appuient sur les problèmes concrets du développement et de l'application de l'IA. À l'inverse, le troisième niveau est plus transversal, il porte sur les compétences et les types de compétences qui seront appelés à prendre une plus grande place dans un monde du travail teintée d'IA. Il y a une zone d'ombres concernant les connaissances sur les besoins en compétences complémentaires indirectement liées à l'IA.

La littérature sur les besoins en compétence du secteur tertiaire de l'industrie 4.0 est bien détaillée (Chaka, 2020; Hecklau et al., 2016; Jerman et al., 2018; Pessoa da Silva et al., 2019). Toutefois, la place que prend l'IA dans ces travaux de recherche est implicite. De plus, au-delà de l'industrie 4.0, les besoins en compétences dans l'ensemble des secteurs d'emplois qui ont adopté l'IA ne sont pas encore clairement identifiés.

La première partie de ce rapport met en lumière, dans un premier temps, la manière dont les besoins en compétences en milieu de travail sont appelés à changer avec l'adoption croissante de l'IA. Dans un deuxième temps, une exploration de la notion de compétence et de leur catégorisation est présentée.

La seconde partie de ce rapport présente la méthodologie de recherche mise de l'avant pour répondre aux questions de recherches du mandat. La méthode de recension des textes ainsi que les choix faits pour codifier et analyser les textes retenus y sont présentés.

La troisième partie propose une discussion autour des résultats du projet de recension de la littérature. On y présente d'abord un état de la littérature puis les différents domaines de compétences présents au sein de cette littérature.

Partie 1 : Mise en contexte

L'intelligence artificielle et l'emploi

Au cours de la dernière décennie, l'IA s'est démarquée au sein des technologies du monde numérique par la vitesse de son développement et ses applications concrètes dans le monde du travail. L'IA s'inscrit dans cette évolution technologique qui libère les individus de certains types de tâches. Elle provoque des perturbations importantes au cœur de la culture humaine menant, entre autres, à la redéfinition des tâches et des emplois (Tegmark, 2017).

Afin de bien cerner les conséquences de l'IA sur l'irruption de nouveaux besoins en compétences dans le monde du travail, il importe de dégager l'IA des autres technologies du monde numérique, en se gardant de toujours considérer leur interdépendance mutuelle. Bien qu'elle soit reconnue de manière populaire, l'intelligence artificielle n'aurait pas encore été définie de façon scientifique (Gaudreau & Lemieux, 2020). Devant cette absence de consensus sur une définition précise de l'IA, nous avons retenu la définition suivante, tirée de la Déclaration de Montréal IA responsable, qui balise efficacement les limites du concept :

« L'ensemble des techniques qui permettent à une machine de simuler l'intelligence humaine, notamment pour apprendre, prédire, prendre des décisions et percevoir le monde environnant. Dans le cas d'un système informatique, l'intelligence artificielle est appliquée à des données numériques » (Dilhac et al., 2018, p. 19).

Plus spécifiquement, l'IA peut être comprise comme une capacité à effectuer des recherches et les optimiser, la capacité à mettre en oeuvre des systèmes flous dits de « boîte noire », à traiter le langage ou à représenter des connaissances. Ces opérations peuvent être réalisées par la vision par ordinateur, l'apprentissage automatique, le raisonnement probabiliste, la planification, la prise de décision et les réseaux de neurones (OCDE, 2019b).

Les différentes applications de l'IA

L'IA est considérée comme une composante importante des technologies numériques utilisées dans l'industrie 4.0 (Kruger & Steyn, 2020). Ses applications se trouvent dans l'apprentissage automatique des machines, l'optimisation de la chaîne d'approvisionnement, prédictions (stocks et manutentions), automatisation du contrôle qualité, etc. Le tableau suivant montre différents cas d'application de l'IA pour certains secteurs d'emploi.

Secteurs	Exemple d'application de l'IA
Arts	Composition musicale algorithmique, création d'images, diffusion personnalisée
Assurance	Optimisation des souscriptions, évaluation de dommage
Commerce	Assistance automatisée aux clients (Chatbot), Marketing prédictif
Droit	Protection des données sensibles, analyse des jurisprudences, prédictions des décisions, évaluation des risques de récidive
Éducation	Systèmes tutoriels intelligents, systèmes d'évaluation automatiques
Finance	Trading algorithmique, analyse de marché, gestion de portefeuille, détection de fraude
Industrie 4.0	Apprentissage automatique des machines, optimisation de la chaîne d'approvisionnement, prédictions, contrôle qualité
Média	Robot-journalisme, censure, personnalisation de contenu
Santé	Aide au diagnostic, robots compagnons, identification génétique, outils d'autosurveillance
Transport	Conduite automatique, aide à la conduite, optimisation des trajets

Tableau 1: Exemples d'application de l'IA dans différents secteurs

L'adoption de l'IA dans les milieux de travail

Depuis une décennie, on assiste à une accélération du développement de l'IA, qui ne se déploie pas de manière homogène dans l'ensemble des secteurs d'emplois (OCDE, 2019b). Les secteurs où les besoins d'adaptation provoqués par l'adoption de l'IA sont les plus marqués sont les communications numériques, les services financiers, la santé et l'industrie du transport (World Economic Forum, 2020).

Les grandes compagnies du secteur privé, qui ont le plus d'expérience dans le monde numérique, sont les pionnières de l'intégration de l'IA dans leurs processus de travail et leur offre de services (McKinsey Global Institute, 2017). Elles peuvent utiliser leur agilité technique, leur expertise numérique et leurs données pour développer et intégrer les solutions les plus appropriées en IA. Toutefois, à moyen terme, tous les secteurs d'emplois devraient être touchés par la présence de l'IA, ne serait-ce qu'à cause de ses impacts transversaux au sein du monde du travail et de la société. À plus long terme, il est probable que l'IA sera adoptée jusque dans les secteurs mobilisant des compétences à forte connotation humaine comme la créativité et l'imagination (French & Poole, 2020).

L'IA est un outil numérique à fort potentiel transformationnel. Lorsque l'IA s'ajoute dans les plans d'une entreprise, elle a le potentiel d'y changer toutes les règles de fonctionnement (Daugherty & Wilson, 2018). Pour qu'une organisation adopte l'IA, cela nécessite qu'elle réalise des investissements dans sa gestion de données, dans les compétences de son personnel et qu'elle revoit les processus de travail. Ainsi, l'acceptabilité sociale, l'adaptation graduelle à de nouveaux paradigmes de travail et le développement de compétences appropriées sont des facteurs clés de l'adoption de l'IA (Küpper et al., 2018). Les processus de travail deviennent ainsi plus fluides et peuvent se modifier ou se réinventer complètement. Les conséquences de ces changements ne se font pas visibles uniquement par la substitution progressive des personnes par des machines, elles se présentent aussi dans l'intégration de nouvelles compétences aux profils professionnels existants, et par la création de nouveaux profils d'emplois (Conseil des Compétences futures, 2020; Fareri et al., 2018).

Ce ne sont pas uniquement les progrès technologiques à eux seuls qui rempliront la promesse de l'IA dans les opérations industrielles et commerciales. L'IA est liée à de nombreux risques émergents qui ralentissent son adoption dans les milieux de travail (World Economic Forum, 2021). Par exemple, l'usage de l'IA dans les services juridiques pose certains défis d'ordre opérationnels, sécuritaires et réglementaires, de fiabilité des résultats et de responsabilité professionnelle (Jacob et al., 2020). Dans le secteur des soins de santé, les perspectives perturbatrices de l'IA soulèvent là aussi des défis éthiques et opérationnels importants que les médecins devront être prêts à affronter pour assurer le bien-être des patients (McCoy et al., 2020).

Le remplacement et l'évolution de l'emploi

L'adoption de l'IA modifiera considérablement la composition de la main-d'œuvre. Elle diminuera et déplacera les coûts de production, tout en réduisant le besoin d'activités manuelles dans les processus de production (Küpper et al., 2018). On estime que d'ici 2025, 97 millions de nouveaux rôles pourraient émerger en conséquence de la nouvelle division du travail entre humains, machines et algorithmes (World Economic Forum, 2020). Dans un rapport de l'OCDE, on explique :

«De récentes études sur la question ont conclu que, outre les emplois qui risquent de disparaître [14%] à cause de l'automatisation, environ 34% des emplois actuels seront profondément modifiés, car de nombreuses tâches actuellement réalisées par des [personnes] pourraient être automatisées. Ces emplois s'orienteront dès lors vers des tâches non routinières et plus spécialisées, obligeant les [personnes] à améliorer leurs compétences pour éviter de perdre leur emploi et être capables d'effectuer les tâches plus exigeantes. La transformation numérique entraînera également l'apparition de nouveaux types d'emplois et de nouvelles formes de travail qui nécessiteront vraisemblablement des compétences d'un niveau plus élevé. Il semble donc peu probable que les [personnes qui travaillent dans] des secteurs en déclin ou [...] qui seront licenciées trouvent dans ces nouveaux créneaux une solution de repli.» (OCDE, 2019a).

L'arrivée de l'IA dans le monde du travail s'inscrit dans un contexte de mondialisation et de l'ubiquité du numérique. À cet effet, le Forum des politiques publiques (2020) identifie cinq caractéristiques principales du travail de la société de demain :

- 1 – Une diminution du travail de routine;
- 2 – Le dégroupement des tâches;
- 3 – Le besoin accru d'adaptabilité des travailleurs;
- 4 – Le besoin de travailleurs étant en mesure d'utiliser les technologies de l'information et de communication;
- 5 – Des besoins accrus pour les compétences difficiles à automatiser.

Puisque les technologies numériques et l'IA facilitent l'éclatement des emplois en une multitude de tâches distinctes, aucun secteur d'emploi n'est à l'abri des perturbations causées par l'avènement de l'IA (Policy Horizons Canada, 2019). L'IA remplace au moins une partie du travail humain lorsqu'elle peut mieux faire certaines des tâches pour atteindre l'objectif stratégique d'une entreprise. Plus la quantité de tâches remplaçables par l'IA est élevée, moins grand sera le nombre de travailleurs humains (Huang & Rust, 2018). Selon le World Economic Forum (2020), 50% de tous les employés devront se

requalifier dans les 5 prochaines années. Des travailleurs qui garderont leur rôle, 40% de leur profil de compétences de base changera.

Les emplois qui demandent une interaction humaine sont davantage protégés à court et moyen terme d'un remplacement par l'IA (Huang & Rust, 2018). Par exemple, dans la profession infirmière, prendre soin implique de communiquer avec les patients de manière thérapeutique et raisonnable, de reconnaître la douleur non verbale et de fournir de l'empathie, qui sont considérées comme des réponses humaines innées d'êtres humains attentionnés. Les robots de santé, dont certains sont équipés d'IA afin de pouvoir répondre de manière intelligente lorsqu'on le leur demande, sont encore incapables de détecter les émotions humaines cachées ou d'interpréter les implications dans des situations particulières (Suriaga, 2019).

Une transformation graduelle

Le degré d'adoption de l'IA sera variable au cœur même des tâches et responsabilités traditionnellement associées à une profession spécifique. Ainsi, il y aura une réduction de besoins en compétences pour les tâches où l'on trouve un fort impact de l'IA. L'exemple suivant, tiré de Shaffer et al. (2020), montre le degré d'impact de l'adoption de l'IA sur les tâches d'un comptable.

Fort impact de l'IA	Impact modéré de l'IA	Peu d'impact de l'IA
Tenue de livres générale	Rapport financier	Planification financière
Audit/Gestion du risque	Rapport d'impôt	Gestion des comptes
Gestion d'inventaire		

Tableau 2: L'impact de l'adoption de l'IA sur les tâches d'un comptable

Daugherty et al. (2018) ont analysé l'évolution de la demande pour plus de 100 capacités, compétences, tâches et styles de travail aux États-Unis au cours de la dernière décennie. Ils en concluent que la créativité, le raisonnement complexe et l'intelligence socioémotionnelle ont fortement augmenté en importance pour de nombreux emplois.

Huang et Rust (2018) présentent une typologie de l'intelligence pour résoudre les différentes tâches professionnelles. Les quatre types d'intelligence nommés sont l'intelligence mécanique, analytique, intuitive et empathique. L'intelligence mécanique concerne la capacité à effectuer automatiquement des tâches répétitives de routine. L'intelligence analytique est la capacité de traiter l'information pour résoudre des problèmes et d'en tirer des leçons. L'intelligence intuitive est la capacité de penser de manière créative et de s'adapter efficacement à de nouvelles situations. Elle peut être

considérée comme une sagesse basée sur une pensée holistique et basée sur l'expérience. L'intelligence intuitive comprend des compétences professionnelles réfléchies qui nécessitent des connaissances et une résolution créative de problèmes. L'intelligence empathique est la capacité de reconnaître et de comprendre les émotions des autres, de réagir de manière appropriée avec les émotions et d'influencer les émotions des autres.

Le tableau suivant exemplifie comment, dans le cadre du cas de la profession de psychiatre, peuvent être requis ces quatre types d'intelligence.

Type d'intelligence	Exemple de tâche associée à ce type
Intelligence mécanique	Garde des notes de la conversation avec le patient
Intelligence analytique	Analyse la conversation
Intelligence intuitive	Comprend par le diagnostic de symptômes et propose des solutions au patient
Intelligence empathique	Est empathique et communique avec le patient pour lui apporter support émotionnel et solutions

Tableau 3: Exemple d'habiletés requises en psychiatrie pour accomplir des tâches de différents types d'intelligence tirés de Huang et Rust (2018)

Huang et Rust (2018) concluent que l'IA viendra graduellement compléter et modifier la nature des tâches et des emplois pour chacun de ces quatre types d'intelligence, mais de manière graduelle. Les secteurs d'emplois nécessitant une intelligence à forte connotation mécanique sont les plus susceptibles au remplacement par l'IA. Suivront les emplois à forte connotation analytique, puis à moyen et long terme, les emplois nécessitant une intelligence intuitive et empathique.

Les emplois à haute qualification suivent généralement une séquence de travail similaire que Beck et Libert (2017) divisent en 5 temps : la cueillette de données, leur analyse, l'interprétation des résultats de cette analyse, la détermination d'un cours d'action, et finalement, l'implémentation du cours d'action. Ils affirment que dans les deux premières étapes de ce processus, l'IA surpassera rapidement les travailleurs hautement qualifiés. Toutefois, les tâches et les professions qui exigent des processus non routiniers, une motricité très fine, la créativité et l'empathie restent hors de portée de la technologie à moyen ou long terme.

En somme, trois considérations influencent la manière dont les nouveaux besoins en compétences s'actualisent: Le degré de pénétration de l'IA dans un secteur, le type de besoin répondu par les applications de l'IA dans ce secteur et les types d'intelligence abordés précédemment par Huang et Rust (2018) requis dans les différents profils d'emplois.

Comment cerner, de manière générale, les besoins en compétences?

Les besoins en compétences dans les milieux de travail qui intègrent l'IA sont évolutifs.

- 1. L'IA s'intègre à un degré variable selon les différents secteurs.*
 - 2. L'IA s'intègre à un degré variable selon les emplois dans ces différents secteurs.*
 - 3. L'IA remplace, à un degré variable, certaines tâches au sein de ces emplois.*
-

La notion de compétence

La notion de compétence est généralement vue comme un savoir agir complexe qui nécessite la mobilisation et l'utilisation judicieuse et efficace de ressources internes et externes dans une situation professionnelle donnée (Tardif, 2003). Les ressources internes sont des ressources personnelles qui réfèrent aux connaissances (savoir), aux habiletés (savoir-faire) et aux comportements (savoir-être) qui doivent être mobilisés pour mettre en oeuvre une compétence. Les ressources externes sont des sources d'information extérieures utiles pour mettre en œuvre une compétence.

Somme toute, une compétence devrait être complexe, évolutive, interactive et intégrative (Legendre, 2001). Pour le Ministère de l'Éducation du Québec, la notion de compétence est entendue comme un ensemble de savoirs (connaissances, etc.), de savoir-faire (aptitudes, dispositions, capacités, etc.) et de savoir-être (valeurs, stratégies, etc.).

Toutefois, la notion de compétence en est une qui soit polysémique. On n'y trouve pas de consensus scientifique à travers les disciplines, et ses ancrages théoriques sont variés (Legendre, 2001). Dans la littérature sur les compétences en milieu de travail où est déployée l'IA, la notion de compétence, tout comme celle de l'IA d'ailleurs, se trouve souvent en zone floue puisque peu définie. Cela peut porter flanc au développement d'une analyse des besoins transversaux et multisectoriels des compétences puisque règne un vocable varié, non défini, où se mélangent de manière interchangeable les termes de « compétences », « qualifications » et « aptitudes ».

Une catégorisation variable des compétences

Pour faciliter leur analyse, les compétences peuvent être catégorisées de différentes manières. Toutefois, à l'instar de la définition du concept de compétence, Jerman et al. (2018) précisent qu'il n'existe pas de consensus sur la catégorisation des compétences dans la littérature propre au secteur de l'Industrie 4.0.

Pessoa da Silva *et al.* (2019) ont mené une revue de la littérature systématique afin d'identifier les principales catégories de compétences dans l'industrie 4.0. Ils les ont classées en 12 compétences transversales (soft skills), 6 compétences métiers (hard skills) et 4 compétences numériques (digital skills).

Rao (2018) parle quant à lui de compétences transversales. On entend par compétence transversale un savoir ou un savoir-faire maîtrisé par plusieurs métiers. La compétence transversale se différencie donc de la compétence technique qui est elle partagée par des salariés d'un même corps de métier (Commission européenne, 2010). Puisqu'elles sont

intangibles et liées au comportement d'un individu dans un lieu de travail, les compétences transversales sont plus difficiles à mesurer que les compétences métier (Balcar, 2016; Carrel, 2019). Les compétences transversales sont ces traits typiquement humains considérés, dans l'état actuel des avancées technologiques, comme étant difficilement remplaçables par l'IA (French & Poole, 2020). Par exemple, la créativité et l'imagination sont plus difficiles à reproduire que des tâches spécifiques et répétitives. D'autres exemples communs de compétences transversales sont la coopération, le leadership, la capacité au travail d'équipe et la communication.

Quant à elles, les compétences métier ou techniques sont fortement liées aux connaissances et habiletés spécifiques d'un domaine de travail (Balcar, 2016). La tenue de livres, la capacité de programmer des logiciels, la compréhension d'une deuxième langue peuvent toutes être des exemples de compétences métiers.

Les compétences numériques (digital skills) s'invitent à leur tour dans la complexification de la logique de catégorisation des compétences. Cette catégorie peut elle aussi se retrouver à cheval entre compétences transversales et compétences métiers. Les compétences numériques sont axées sur l'interaction efficace avec les technologies utilisées en milieu de travail et sur l'adaptation aux changements découlant de la numérisation des activités professionnelles et des processus opérationnels. Ainsi, les compétences numériques comprennent toutes les compétences liées au monde numérique, allant des compétences de base en littératie numérique jusqu'aux compétences spécifiques des professionnels du domaine des technologies de l'information et de la communication (MEES, 2019). Les compétences numériques peuvent être, par exemple, la reconnaissance d'enjeux éthiques liés aux médias sociaux ou la gestion des données qui favorise la cybersécurité. L'IA est généralement intégrée au sein des compétences numériques. Par exemple, le « digital skills framework » (Vu et al., 2019) est un cadre de compétences numériques qui intègre la connaissance de l'IA et de l'apprentissage automatique.

Dans leur revue exploratoire sur les besoins en compétences de l'industrie 4.0, Hecklau *et al.* (2016) ont agrégé les compétences en quatre catégories: techniques; méthodologiques; sociales; personnelles. Cette catégorisation a été reprise par Jerman *et al.* (2018) quelques années plus tard dans leur analyse bibliométrique portant sur les compétences futures des travailleurs de l'industrie 4.0. Toujours dans le secteur de l'industrie 4.0, Marnewick et Marnewick (2020) ont, quant à eux, classé les besoins en compétences dans trois catégories. Les compétences personnelles, sociales et de processus. Le tableau suivant est tiré de Jerman *et al.* (2018) et présente la classification des 27 compétences retenues distribuées selon 4 catégories.

Technical Competences	Methodological Competences	Social Competences	Personal Competences
understanding IT security	creativity	seeing the big picture (overview competence, integration competence)	commitment to lifelong learning
coding capabilities	problem solving	the ability to lead	personal flexibility
understanding of processes	creative problem-solving competence	the ability to communicate effectively in complex situations	motivation for learning
technical capabilities	conflict resolution	network competence	adaptability
understanding the analogies of the operation of new technologies	the ability to act as mediators in decision-making processes	the ability to participate and work in a team	ability to work in stressful situations
the ability to solve complex challenges	analytical skills	language skills	social responsibility
	research skills	the ability to transfer knowledge to others	the successful determination of the dividing line between important and less important information

Tableau 4: Classification des compétences tirées de Jerman *et al.* (2018)

Dans Sousa et Wilks (2018), on utilise la catégorie de compétence technologique de rupture qui inclut les habiletés en IA, mais aussi les nanotechnologies et la robotisation. Les compétences peuvent aussi être intégrées au sein d'un cadre général tel que le CFTF (Creatively-focused technology fluency). Le CFTF incorpore des capacités et des compétences, telles que la tolérance à l'incertitude et la volonté de prendre des risques, le plaisir de la complexité, des sentiments positifs face à un défi ou l'auto-efficacité (Cropley, 2020, p. 186).

Comment présenter les besoins en compétences ?

Traiter du besoin en compétence dans les milieux de travail qui intègrent l'IA nécessite d'être en mesure d'identifier ces compétences dans la littérature. Toutefois, la notion de compétence est polysémique et les manières de les catégoriser sont variées.

Questions de recherche

Cette recension vise à décrire l'état de la littérature relative au besoin en compétences en contexte de développement de l'IA en milieux de travail afin d'identifier les compétences qui s'y distinguent. Elle vise à répondre à la question générale suivante : quelles sont les compétences à développer pour naviguer dans les milieux de travail qui intègrent l'IA ?

Pour répondre à cette question, deux questions de recherche spécifiques sont posées :

1. Quel est l'état de la littérature portant sur les compétences dans les milieux de travail où est déployée l'IA ?
2. Quelles sont les compétences qui émergent de cette littérature à titre de compétences phares ou essentielles pour naviguer dans un milieu de travail où est déployée l'IA ?

Partie 2 : Méthodologie

Recension des textes

La recension des textes a été réalisée dans une démarche méthodologique de revue de cadrage (Scoping review). Dans une étude de cadrage, l'objectif est de répondre à une question de recherche à partir d'une analyse de la littérature pertinente, quelle que soit la nature des textes (Arksey et O'Malley, 2005). Nous avons réalisé une recension des écrits en huit étapes à partir d'une adaptation de la procédure de l'*Evidence for Policy and Practice Information and Coordinating Centre* (EPPI-Center, 2010) tel que présenté dans le tableau suivant.

Étapes de la recension

1. Définition de la question de recherche
 2. Identification des bases de données
 3. Premières recensions non systématiques pour identifier des textes clés
 4. Identification des descripteurs clés (*thesaurus terms*) dans chacune des bases de données
 5. Ajustement des descripteurs dans une logique d'équilibre entre la qualité et la quantité des textes recensés
 6. Variation de la recension avec l'utilisation des symboles de recherche (p. ex. *)
 7. Recherche systématique à partir de combinaison des termes retenus
 8. Importation des résultats de la recension dans un logiciel d'analyse
-

Tableau 5: Adaptation de la procédure de recension EPPI en huit étapes

Au cours des 3 premières étapes de la recension, une consultation sur l'avancement de la recension auprès d'un comité-expert en IA a été menée pour ajuster le processus de recension à partir de l'analyse préliminaire de textes tirés principalement de la littérature grise.

Vu la nature de la question de recherche du projet, il était souhaité d'analyser l'état de la littérature grise pour créer les ponts entre les besoins de l'industrie et la littérature scientifique afin de dresser une représentation fidèle des besoins en compétences des milieux de travail où se déploie l'IA. La littérature grise peut être publiée par toute instance du gouvernement, par la recherche publique, des actes de colloque ou de conférence, le commerce et l'industrie, et n'est pas contrôlée par l'édition commerciale (Schöpfel, 2010). La littérature scientifique est composée de textes rédigés dans un processus de révision par les pairs et publiés dans des revues recensées dans les grandes bases de données scientifiques. Par souci de cohésion, les actes de colloque retenus dans

le corpus de textes ont été catégorisés comme littérature grise même si certaines conférences peuvent exiger un processus de révision par les pairs formel et rigoureux.

Pour identifier les rapports récents d'organismes publics, de centres de recherches et d'entreprises investies en IA, une analyse d'une revue de la littérature antérieure mandatée par le Pôle montréalais d'enseignement supérieur en intelligence artificielle et un survol de l'outil de recherche Google Scholar ont été effectués. Les textes devaient avoir été publiés après le 31 décembre 2016 pour être retenus dans le projet de recension.

Dans un deuxième temps, une recension à partir de 7 bases de données de textes scientifiques a été menée. Les bases de données qui ont été jugées les plus pertinentes et retenus étaient Education Source, ABI/Inform GLOBAL, ERIC, PsycNet, Web of Science, EconLit et CINAHL. Pour être retenus Les textes devaient avoir été révisé par les pairs et avoir été publié après le 31 décembre 2017. Afin de recueillir le plus grand nombre de textes possible, nous avons recherché des termes apparaissant dans le résumé (abstract) des textes. Les termes de recherche utilisés étaient les suivants : Artificial intelligence AND (Skill* OR Competency OR Competencies OR Competence). L'approche de recension étant trop générale dans la base de données Web of science, les termes de recherche ont été circonscrits aux mots-clés des articles (Author Keywords). Les actes de colloques ont aussi été identifiés à partir de cette démarche.

La réduction du corpus de texte s'est faite en étape. De prime abord, plusieurs doublons, qui étaient des textes similaires recensés dans deux bases de données ou plus, ont été retirés. Deux itérations d'analyse ont suivi. La première itération portait sur l'analyse du titre et du résumé de l'article. La deuxième itération d'analyse portait sur l'ensemble de la lecture du texte. Des 302 résultats initiaux, 8 textes ont été retenus dans le corpus d'analyse final.

Étapes	N. de retrait	N. restant total
Recension initiale	0	302
Retrait des doublons	53	249
Première itération d'analyse à partir du titre et résumé	205	44
Seconde itération d'analyse	36	8

Tableau 6: Nombre de textes retenus aux étapes clés de la recension

En additionnant les textes provenant de la littérature grise, les revues de la littérature et les textes provenant d'une recension par base de données, ce sont 27 textes (voir annexe A) traitant de compétences et d'intelligence artificielle qui ont été analysés dans le cadre de ce projet de recherche.

Codage et analyse des textes

En vue de répondre à la question de recherche qui est de faire un état des lieux de la littérature, nous avons utilisé les cinq codes suivants :

- 1) l'année de la publication;
- 2) le type de publication;
- 3) les secteurs couverts;
- 4) le contexte où se situe l'objet d'étude (individuel, organisationnel, académique);
- 5) et les types d'IA mentionnés dans les textes.

En vue de répondre à la question de recherche où l'on cherche à identifier les compétences phares ou essentielle pour naviguer dans un milieu de travail où est déployée l'IA, nous avons fait une codification émergente des compétences. Dès lors qu'une compétence, une habileté ou un « skill » était présenté dans l'un des textes, elle y était codée comme une compétence spécifique. Les capacités spécifiques sont les unités d'analyses de la recension.

Par la suite, les compétences spécifiques ont été regroupées en 16 domaines de compétences. Ces domaines de compétences ont ensuite été catégorisés dans une grille que nous avons adaptée des travaux de Jerman *et al.* (2018), Long et Magerko (2020), et Marnewick et Marnewick (2020). Les catégories sont:

- 1) les compétences personnelles ;
- 2) les compétences interpersonnelles ;
- 3) les compétences méthodologiques ;
- 4) et les compétences numériques.

Partie 3 : Résultats et discussion

Question de recherche 1 :

Quel est l'état de la littérature portant sur les compétences dans les milieux de travail qui intègrent l'IA?

La recension permet de constater qu'il y a une augmentation du nombre de textes portant sur les compétences dans les milieux où est déployée l'IA au cours des dernières années. 8 textes retenus ont été publiés en 2019 et 12 ont été publiés en 2020. Cela montre le statut naissant de la littérature portant sur les besoins en compétences dans un contexte de déploiement de l'intelligence artificielle.

La distribution de ces textes montre que, malgré une recension systématique à travers un large éventail de base de données scientifique, la majorité des écrits retenus proviennent de la littérature grise telle que des rapports de recherche et des actes de colloques. Étant donné le processus de révision par les pairs, la publication en revue scientifique s'avère plus longue. Il est donc probable que le nombre d'écrits révisés par les pairs portant sur les besoins en compétence en milieu où se déploie l'IA augmente au cours des prochaines années. Le tableau suivant montre la distribution du corpus de texte retenu à des fins d'analyse selon la catégorie de texte.

Catégorie de texte	Sous-catégorie	Nbr. de textes	Total
Littérature grise	Rapport de recherche	8	15
	Acte de colloque	3	
	Entreprise privée	3	
	Commentaire	1	
Article empirique	Étude qualitative	3	5
	Étude quantitative	1	
	Étude mixte	1	
Autre type	Article théorique	4	7
	Revue de la littérature	3	
			27

Tableau 7: Distribution des textes retenus selon leur type de publication

Le secteur de l'industrie 4.0 se démarque particulièrement. Ce secteur, de plus en plus composé d'usines dites « intelligentes », est traité dans plus du quart des textes analysés.

Secteur	Sous-secteur	Nbr. de textes
Industrie 4.0		7
Général / Non spécifié		6
Santé	Médecine	3
	Sciences infirmières	1
	Pharmacie	1
	Services bancaires	2
Services financiers	Comptabilité	1
Services légaux (Droit)		2
Communications		2
Enseignement		2
Total		27

Tableau 8: Distribution des textes retenus selon le secteur couvert

Les besoins en compétences sont présentés dans différents contextes selon les textes analysés. Une douzaine de textes posent la problématique du point de vue de l'employé ou de l'individu en soulignant l'importance de se requalifier ou d'adapter son profil de compétences personnel de manière spécifique devant une nouvelle réalité de l'emploi influencée par l'arrivée de l'IA. Les analyses faites sous l'angle des organisations discutent les besoins en compétences dans un contexte de stratégie organisationnelle, de gestion du changement ou de requalification des employés. Certains textes traitent des deux angles de l'organisation et de l'employé. Finalement, certains textes présentent des activités de formation initiale permettant d'aider les futurs travailleurs à naviguer dans leur futur milieu en considérant la présence de l'IA.

Angle	Nbr. de textes
Individu / Employé	12
Organisation / Firme	7
Formation initiale	5
Organisation et employé	3
Total	27

Tableau 9: Distribution des textes selon le contexte de l'objet d'étude

La moitié du corpus de texte analysé mentionne l'IA de manière générale sans en spécifier le type d'utilisation. Dans les textes où les manifestations de l'IA sont nommées, les systèmes d'IA réalisant de l'apprentissage automatique ou la robotique mobile sont le plus souvent mentionnés.

Le tableau suivant présente ce qui est entendu par l'IA dans le corpus de textes. Plusieurs types d'IA pouvaient être nommés dans le même texte.

Type de manifestation de l'IA	Nbr. de textes
Apprentissage automatique	8
Robotique mobile	3
Traitement du langage naturel	3
Génération du langage	2
Prédictions intelligentes	2
Planification intelligente	1
Robo-journalisme	1
Traitement d'information	1
Système cognitif	1
Deepfake	1
Apprentissage profond	1
Total	24

Tableau 10: Occurrence du type de manifestation de l'IA dans les textes retenus

Enfin, l'analyse des articles présentant des revues de la littérature montre que la recherche en est encore à un stade exploratoire en ce qui a trait aux besoins de compétences à l'ère de l'IA. Les recherches sont encore centrées autour du secteur de l'industrie 4.0. De plus, l'IA n'est pas considérée un objet d'études spécifique dans ces revues, on la considère plutôt comme une sous-composante de l'industrie 4.0.

Auteur	Type de revue	N	Question(s) de recherche
(Chaka, 2020)	De cadrage	64 articles revus par les pairs	Quelles sont les aptitudes, compétences et littératies attribuées à la quatrième révolution industrielle? Les aptitudes, compétences et littératies identifiées sont-elles fondées sur la discipline, génériques ou les deux?
(Marnewick & Marnewick, 2020)	Exploratoire, systématique	19 articles revus par les pairs	Quelles sont les compétences que les membres de l'équipe doivent présenter pour fonctionner de manière optimale dans l'industrie 4.0?
(Pessoa da Silva et al., 2019)	Systématique	19 articles revus par les pairs	Quelles sont les principales catégories de compétences dans l'industrie 4.0?

Question de recherche 2 :

Quelles compétences émergent de la littérature à titre de compétences phares ou essentielle dans les milieux de travail qui intègrent l'IA?

Les textes retenus proposent un niveau d'analyse variable des besoins en compétences dans les milieux de travail à l'ère de l'IA. Par exemple, Long et Magerko (2020) n'explorent qu'une seule compétence, soit la littératie en IA, mais de manière approfondie. D'autres textes, par la présentation de listes de compétences ou de capacités, en identifient, mais les traitent de manière superficielle (ex. Zarowitz, 2020). De plus, dans ces cas, les capacités et compétences liées spécifiquement au contexte de l'IA peuvent se perdre parmi une liste de compétences propres au monde numérique plus large dont l'IA fait partie.

Ainsi, le nombre de compétences identifiées parmi les textes varie entre 1 et 17. Une moyenne de 5,74 compétences est présentée dans les textes. Généralement, les textes de la littérature grise traitent d'une moins grande diversité de compétence que les textes scientifiques. En effet, les 15 textes issus de la littérature grise présentent une moyenne de 4.2 compétences distinctes tandis que les 12 textes issus de la littérature révisée par les pairs en présentent 7.66. En somme, 47 compétences spécifiques ont été identifiées. Les compétences spécifiques nommées dans le plus grand nombre de textes différents sont:

- la créativité (11),
- la littératie en IA (8),
- la capacité de travailler en équipe (7).

Cela est cohérent avec la revue de la littérature de Pessoa *et al.* (2019) où l'on affirme que les compétences les plus souvent représentées dans la littérature se trouvent parmi la catégorie des compétences transversales.

Le regroupement des compétences spécifiques que nous avons fait a mené à la création de 16 domaines de compétences qui ont été, par la suite, classés selon les catégories adaptées des travaux d'analyse de la littérature sur l'industrie 4.0 et les besoins en compétences s'y rattachant de Jerman *et al.* (2018), Long et Magerko (2020), et Marnewick et Marnewick (2020).

Le tableau présenté aux deux pages suivantes montre la liste exhaustive des domaines de compétences ainsi que leur occurrence dans le corpus de 27 textes.

Catégorie de compétence	Domaine de compétence	Compétence spécifique	Nbr. de textes en faisant mention
Personnelle	Souplesse	Capacité d'adaptation	3
		Flexibilité	3
		Ouverture au changement	2
	Développement	Volonté d'apprendre	6
		Capacité à créer du sens	1
	Sensibilité	Intelligence émotionnelle	4
		Empathie	5
	Influence	Leadership	6
		Persuasion	2
	Érudition	Littératie en IA	8
		Littératie numérique	3
		Savoirs disciplinaires	2
		Savoirs multidisciplinaires	1
	Discernement	Jugement	4
		Travailler sous pression	2
Pensée holistique		1	
Interpersonnelle	Savoir interagir	Travail d'équipe	7
		Communication	6
		Habiletés interpersonnelles	4
		Réseautage	2
	Pédagogie	Capacité d'explicitation	6
		Transfert de connaissance	2
		Enseignement	2
	Posture sociale	Éthique	5
		Interculturalisme	3
		Interprofessionnalisme	2
		Responsabilité sociale	2

Catégorie de compétence	Domaine de compétence	Compétence spécifique	Nbr. de textes en faisant mention
Méthodologique	Imagination	Créativité	11
		Innovation	2
	Analyse	Analyse critique	5
		Capacité d'analyse	4
		Analyse de données	4
	Compréhension	Gestion cognitive	2
		Compréhension des processus	2
		Capacité en recherche	1
		Raisonnement	1
	Stratégie	Résolution de problème	7
		Prise de décision	4
		Stratégie d'apprentissage	1
	Gestion	Gestion d'équipe	2
		Coordination	1
		Médiation	1
Numérique	Utilisation	Utilisation de l'IA	6
		Sécurité des données	5
		Programmation	3
		Utilisation des médias numériques	1
		Capacité en informatique	1

Tableau 11: Occurrence et catégorisation des compétences spécifiques identifiées dans le corpus de textes

Les compétences personnelles

Au plan individuel, les auteurs qui identifient les capacités nécessaires pour l'adaptation aux changements associés à l'IA mettent en évidence l'importance de la capacité d'adaptation des individus, leur flexibilité et leur ouverture au changement. Ces compétences spécifiques sont liées aux effets perturbateurs de l'IA sur les processus de travail. Alors que l'IA est intégrée à des niveaux de plus en plus complexes au sein des environnements de travail, les tâches qui composent les métiers se modifient, allant jusqu'à modifier le rôle de l'employé ou du professionnel et la nature des interactions sociales.

L'idée de développement est liée à la capacité à la volonté d'apprendre et de s'adapter. Il s'agirait des capacités les plus importantes dont les gens auront besoin pour les emplois de demain (Microsoft, 2018). Les employés devront être en mesure d'anticiper les changements et de mettre de l'avant des stratégies d'autoapprentissage. La volonté d'apprendre, et de s'adapter aux situations, serait une dimension essentielle pour le succès du développement des capacités humaines qui permettent la collaboration personne-machine (Daugherty et al., 2018). L'idée de développement nous ramène aussi à la capacité de créer du sens, un facteur favorisant pour l'apprentissage (Marnewick & Marnewick, 2020).

Par souplesse, sont entendues la capacité d'adaptation, la flexibilité et l'ouverture au changement. La souplesse est particulièrement importante pour ces profils d'emplois qui subiront d'importantes perturbations et qui seront appelés à disparaître ou à se modifier en profondeur. En somme, les employés souhaitant garder leur emploi devront s'adapter ou se requalifier (Ghislieri et al., 2018; Gillan et al., 2019). Jacob *et al.* (2020) expliquent qu'il est important de reconnaître que le métier que l'on exerce est en train de se transformer pour s'y adapter et qu'il est nécessaire, devant les perturbations produites par l'IA, de renforcer son sens de l'adaptation.

La notion de sensibilité a été retenue pour présenter la capacité d'intelligence émotionnelle et l'empathie. Par exemple, pour les infirmiers et infirmières, l'empathie est une qualité de l'offre de soins qui est complémentaire à ce qu'offrent les robots médicaux (Suriaga, 2019). Certains travaux de recherche concluent que les compétences comportementales liées à l'intelligence émotionnelle sont tout aussi importantes, sinon plus importantes que les compétences propres au métier (Carrel, 2019; Marnewick & Marnewick, 2020). Concernant le domaine de compétence de l'influence, on retient les compétences de leadership et de persuasion tels que les aptitudes en ventes (Kruger & Steyn, 2020).

Certains domaines de compétences de la catégorie personnelle sont orientés vers les processus. Le discernement fait appel au jugement (O'Brien, 2019; Sousa & Wilks, 2018; St-Onge et al.,

2020), à la capacité de travailler sous pression (Jerman et al., 2018; Pessoa da Silva et al., 2019) et à la pensée holistique (Marnewick & Marnewick, 2020). Quant à elle, l'érudition facilite la pensée interdisciplinaire. L'efficacité croissante du couplage de l'IA et des technologies numériques en entreprise fait que le marché de l'emploi sera davantage à la recherche de travailleurs temporaires et contractuels. L'interdisciplinarité sera un atout important pour les travailleurs du futur (French & Poole, 2020; Jerman et al., 2018).

La littératie en IA est une compétence spécifique à la jonction des compétences numériques et des compétences transversales qui sert de fondation sur laquelle peuvent se développer les autres compétences pertinentes dans les milieux de travail où est utilisée l'IA. La littératie en IA peut être comprise comme un ensemble de compétences qui permet aux individus d'évaluer de manière critique les technologies d'IA; de communiquer et de collaborer efficacement avec, ou en utilisant, l'IA; et d'utiliser l'IA (Long & Magerko, 2020). Comme l'IA peut se fondre dans les applications et les plateformes web, les utilisateurs ne réalisent pas toujours qu'ils interagissent avec elle. Ainsi, la littératie en IA trouve sa place, par exemple, dans le domaine de la formation au média. Par exemple, les étudiants devront apprendre à valider leurs sources ou informations afin de ne pas devenir la proie d'articles créés par des robots (French & Poole, 2020). La littératie numérique, ou la littératie en IA, pourraient agir tel un langage commun dans la formation en IA à travers les différentes disciplines universitaires. Dans leur revue de la littérature Long et Magerko (2020) propose un ensemble de 17 apprentissages clés, classé par niveau de complexité, qui compose la compétence en littératie en IA. Celles-ci sont présentées dans le tableau suivant.

Apprentissage ciblé	Objectif
1. Reconnaître l'IA	Distinguer les outils technologiques qui utilisent et n'utilisent pas l'IA.
2. Comprendre l'intelligence artificielle	Analyser de manière critique les fonctionnalités qui rendent une entité «intelligente», notamment en discutant des différences entre l'intelligence humaine, animale et machine.
3. Interdisciplinarité	Reconnaître qu'il existe de nombreuses façons de penser et de développer des machines «intelligentes». Identifier une variété de technologies qui utilisent l'IA.
4. Général VS Spécifique	Distinguer l'IA générale et spécifique.
5. Forces et faiblesses de l'IA	Identifier les types de problèmes dans lesquels l'IA excelle et les problèmes qui lui sont plus difficiles. Déterminer quand il est approprié d'utiliser l'IA et quand tirer parti des compétences humaines.
6. Imaginer l'IA future	Imaginer des applications futures possibles de l'IA et considérer les effets de ces applications sur le monde.
7. Représentation	Comprendre ce qu'est une représentation des connaissances et décrire quelques exemples de représentations des connaissances.
8. Prise de décision	Reconnaître et décrire des exemples de la façon dont les ordinateurs raisonnent et prennent des décisions.
9. Étapes de l'apprentissage machine	Comprendre chacune des étapes impliquées dans l'apprentissage automatique et les pratiques et les défis qu'elles comportent.
10. Rôle de l'humain en IA	Reconnaître que les humains jouent un rôle important dans la programmation, le choix des modèles et la mise au point des systèmes d'IA.
11. Littératie des données	Comprendre les concepts de base de la littératie de données.
12. Apprentissage par les données	Reconnaître que les ordinateurs apprennent souvent à partir de données (y compris de ses propres données).
13. Interprétation critique de données	Comprendre que les données ne peuvent être prises au pied de la lettre et nécessitent une interprétation. Décrire comment les exemples de formation fournis dans un ensemble de données initial peuvent affecter les résultats d'un algorithme.
14. Action et réaction	Comprendre que certains systèmes d'IA ont la capacité d'agir physiquement sur le monde. Cette action peut être dirigée par un raisonnement de plus haut niveau (par exemple marcher le long d'un chemin prévu) ou elle peut être réactive (par exemple sauter en arrière pour éviter un obstacle détecté).
15. Senseur	Comprendre ce que sont les capteurs, reconnaître que les ordinateurs perçoivent le monde à l'aide de capteurs et identifier les capteurs sur une variété d'appareils. Reconnaître que différents capteurs prennent en charge différents types de représentation et de raisonnement sur le monde.
16. Éthique	Identifier et décrire différentes perspectives sur les principaux problèmes éthiques entourant l'IA.
17. Programmabilité	Comprendre que les agents sont programmables.

Tableau 12: Apprentissage ciblé et objectif pour la littératie en IA selon Long et Magerko (2020)

Les compétences interpersonnelles

La catégorie des compétences interpersonnelles regroupe des domaines de compétences qui requièrent une interaction avec autrui pour s'actualiser. Trois domaines de compétences nécessitant une interaction ont émergé de notre analyse : le savoir-interagir, la pédagogie et la posture sociale.

Le savoir-interagir est un domaine de compétence parapluie couvrant les capacités de communication (Chaka, 2020), d'habiletés interpersonnelles (Beck & Libert, 2017), de réseautage (Jerman et al., 2018; Kruger & Steyn, 2020) et de travail d'équipe (Pessoa da Silva et al., 2019). La capacité à créer un lien de confiance et le contact humain deviendra une compétence essentielle et complémentaire traitement de données par l'IA (Suriaga, 2019). La capacité à travailler en équipe de manière constructive deviendra un facteur de succès de plus en plus important pour le travail (Zarowitz, 2020). Les équipes de travail seront vouées à utiliser ou travailler auprès de l'IA notamment, en ce qui a trait aux prises de décision. Un robot ou un non-humain pourrait même être un membre de l'équipe (Marnewick & Marnewick, 2020, p. 945). La plupart des rôles et des emplois qui émergeront des perturbations provoquées par l'IA exigeront un travail de collaboration humain-IA (Daugherty et al., 2018).

Dans le secteur de la communication, les étudiants en médias et en communication auront besoin de cours d'éthique pour étayer leurs compétences et leur formation en matière de pensée critique. Cela sera crucial à l'ère de la désinformation où la confiance dans les professionnels des médias s'érode en particulier lorsque la production d'actualités et de documentaires est affectée par la capacité de l'IA à fabriquer de faux documents authentiques et des « deepfake » (French & Poole, 2020).

Le domaine de compétence de la pédagogie traite de la capacité à présenter de l'information de manière à en faciliter la rétention. Tandis que l'IA augmente sa puissance et ses capacités, les emplois dont la tâche consistait à recueillir, traiter et analyser des données transitionneront vers des rôles d'accompagnateur ou de vulgarisateur (St-Onge et al., 2020). En médecine, les applications utilisant l'apprentissage automatique y compris les diagnostics basés sur l'image et l'analyse des données génomiques sont de plus en plus intégrées dans le contexte clinique pour aider à la prise de décision (Fan et al., 2020). Par exemple, un médecin qui utilise une application d'IA pour analyser l'imagerie par résonance magnétique devra être en mesure de communiquer les résultats et les processus qui les sous-tendent d'une manière que patients et collègues puissent comprendre (McCoy et al., 2020). Dans le secteur du droit, avec le recours aux systèmes automatisés et aux technologies du traitement du langage naturel, le rôle des avocats passe de la recherche et l'analyse du droit à l'explication et l'accompagnement des résultats générés par

l'IA pour aider les clients à trier et comprendre ces résultats (Carrel, 2019; Jacob et al., 2020; O'Brien, 2019). En comptabilité, pour aider les clients au-delà de la préparation de documents, les comptables doivent pouvoir s'engager dans une réflexion critique des conditions du marché tout en étant en mesure de les enseigner aux clients (Shaffer et al., 2020).

Finalement, le domaine de compétence de la posture sociale fait appel aux capacités de travail en interdisciplinarité, en interprofessionnalisme et dans une posture de responsabilité sociale. Par exemple, dans le domaine de la santé, alors que les compétences pour l'utilisation clinique de l'IA en médecine sont globalement similaires à celles de toute autre technologie nouvelle, il existe des différences qualitatives d'une importance cruciale en ce qui concerne l'équité (McCoy et al., 2020).

Les compétences orientées vers des méthodes et des processus

Des domaines de compétences ont pour objet des méthodes et des processus. Ils ont été identifiés comme l'imagination, l'analyse, la compréhension, la stratégie et la gestion.

L'imagination inclut la capacité à être créatif et à innover. La créativité est une capacité importante dans le contexte du travail à l'ère de l'IA. Elle est nommée dans 11 textes différents. Cette capacité est perçue comme un trait spécifiquement humain pour lequel le développement de l'IA n'est pas encore suffisamment avancé pour la substituer au travail humain. L'innovation est nommée comme telle (Kruger & Steyn, 2020), mais est aussi présentée comme la capacité à déployer une pensée adaptative et nouvelle (Marnewick & Marnewick, 2020).

L'analyse est une autre capacité de processus importante. On la retrouve sous les termes de capacité à l'analyse, d'habileté d'analyse, d'analyse critique ou d'analyse de données. L'analyse requiert une compréhension fine d'une situation, de son contexte, et mène à des cours d'actions potentiels. L'analyse est utile, notamment, pour interpréter les résultats mis de l'avant par l'IA (Shaffer et al., 2020). Toutefois, une implication importante des travaux de Huang et Rust (2018) est que les compétences analytiques deviendront moins importantes tandis que l'IA prendra en charge de plus en plus de tâches d'analyse.

La capacité à comprendre les processus est une compétence métier importante. Pessoa da Silva *et al.* (2019) expliquent:

Les principaux changements liés à l'industrie 4.0 se produiront dans le processus de production, tels que l'utilisation de l'intelligence artificielle, des robots autonomes et l'utilisation de capteurs dans l'usine. Ainsi, la compétence pour comprendre le processus productif sera de la plus haute importance à la fois pour comprendre la complexité que les

nouveaux processus interconnectent et pour toujours rechercher l'innovation de l'environnement productif (Traduction libre, Pessoa da Silva et al., 2019, p. 6).

La capacité de raisonnement (Jansen et al., 2019; Microsoft, 2018), des aptitudes en recherche (Jerman et al., 2018), ou la gestion cognitive (Marnewick & Marnewick, 2020; Sousa & Wilks, 2018), sont d'autres manifestations du domaine de compétence *compréhension*.

La capacité de résolution de problème et de situation complexe est associée au domaine de compétence nommé *stratégie*. La résolution de problème est une capacité loin de la tâche de routine et cela explique, en partie, sa demande (Jansen et al., 2019). Toutefois, selon son niveau de développement et la complexité du problème à traiter, les systèmes d'IA peuvent nécessiter l'intervention humaine pour résoudre des problèmes complexes. La résolution de problème et la prise de décision nécessitent de mobiliser d'autres capacités spécifiques telles que la créativité, l'intuition et la capacité à interpréter les données dans leur contexte (Huang & Rust, 2018).

Finalement, le dernier domaine de compétence présenté dans la catégorie de processus est la *gestion*. Sont entendues par le terme gestion, la coordination, la gestion d'équipe et la médiation de conflit. Si l'IA peut optimiser les horaires et les processus de ressources humaines, elle est encore loin de pouvoir s'ingérer dans l'intersubjectivité des membres d'une équipe. Il s'agit d'un besoin en compétence qui touche davantage les gestionnaires que les employés.

Les compétences numériques

Certains domaines de compétences ne peuvent s'actualiser qu'avec l'utilisation du numérique. L'objet de la recension d'écrits ne portait sur la première phase du cycle de vie d'un système d'IA (OCDE, 2019b) qui consiste à planifier et introduire l'IA dans un milieu de travail et qui se trouve dépendante aux catégories d'emplois technologiques propres au développement de l'IA. Il n'en reste pas moins qu'une teinte technologique, faible ou forte, est nécessairement présente dans un milieu de travail où est déployée l'IA (Pessoa da Silva et al., 2019). En ce sens, le domaine de compétence liée à la manipulation des technologies numériques est recherché par les employeurs. La capacité de pouvoir entrer en interaction avec le système d'IA et de savoir l'utiliser adéquatement est identifiée dans 6 textes différents. Comme la présence de l'IA requiert généralement un grand nombre de données, la capacité de sécuriser les données numériques (McCoy et al., 2020) et comprendre les enjeux de sécurité des TIC (Jerman et al., 2018)) est une autre compétence spécifique importante identifiée dans 5 textes.

Résumé des domaines de compétences

En résumé, voici un profil de compétence général créé à partir des domaines de compétences identifiés plus haut, pour l'employé de demain qui aura à naviguer dans un environnement de travail où se déploie l'IA.

Considérant les domaines de compétences portés sur sa personne, l'individu doit faire preuve de **SOUPLESSE** devant les changements du monde du travail provoqué par l'IA. Il sera engagé dans son **DÉVELOPPEMENT** et augmentera son **ÉRUDITION**, notamment son degré de littératie en IA. Cela lui permettra de pouvoir prendre du recul, et mettre de l'avant sa **SENSIBILITÉ** en usant de **DISCERNEMENT**, puisqu'il sera davantage appelé à **INFLUENCER** ses clients ou ses collègues au sein d'une situation complexe. À ce niveau, les compétences spécifiques qui lui seront les plus pertinentes sont la capacité d'adaptation, la volonté d'apprendre, l'empathie, le leadership, la littératie en IA et le jugement.

Pour les domaines de compétences qui s'actualisent dans les rapports interpersonnels, l'individu fera preuve d'un grand **SAVOIR INTERAGIR** dans un contexte où les interactions humaines seront complémentaires au travail de l'IA. Il sera soucieux de partager son savoir et ses techniques en faisant preuve de **PÉDAGOGIE**. Il considérera les problèmes et les solutions auxquels il fait face dans sa vie professionnelle dans une perspective élargie en prenant une **POSTURE SOCIALE** responsable. Les compétences spécifiques phares qu'il aura à développer sont le travail d'équipe, la communication et la capacité d'explicitation.

Quant aux domaines de compétences portés sur les méthodes et les processus, l'individu sera capable de développer des **STRATÉGIES** appropriées et les adapter à des contextes variés. Il fera preuve d'une fine **COMPRÉHENSION** des problèmes complexes afin de pouvoir les **ANALYSER** de manière critique. Sa grande capacité de **GESTION** lui permettra de résoudre les problématiques qui émergeront des collaborations plus fréquentes. Son **IMAGINATION** sera mise à profit pour penser au-delà du cadre de la boîte noire proposée par l'IA. Les compétences spécifiques phares sont la créativité, la résolution de problèmes et l'analyse critique.

Finalement, certains domaines de compétences sont rattachés au monde numérique. L'IA accélère la vitesse à laquelle le monde se numérise. Les technologies du numérique étant présentes dans tous les secteurs d'emplois et de la société, il sera attendu des individus qu'ils soient en mesure d'en faire une **UTILISATION** efficiente et responsable. Les compétences spécifiques phares de cette catégorie sont la capacité à utiliser l'IA, la capacité à sécuriser les données et une capacité de programmation de base.

Limites de la recherche

Bien que les résultats de ce projet de recherche coïncident généralement avec l'ensemble des recherches consultées en lien avec les compétences en milieux de travail où se déploie l'IA, il nous semble important de signifier que cette recension exploratoire devrait être perçue comme un débroussaillage général, comme les premiers pas au cœur d'une problématique encore peu étudiée dans la littérature scientifique. Son design méthodologique a été réfléchi dans un souci d'efficacité. Dans une perspective de recension généraliste et multisectorielle, différents milieux ont été couverts en surface. De plus, l'absence d'accord interjuge et l'analyse de littérature grise sont des critères pouvant faire varier l'interprétation des textes et les résultats d'analyse qui en découlent. Bien qu'ils aient été soumis à un comité d'experts, les résultats présentés dans ce rapport dépendent fortement de l'analyse et du jugement de l'auteur du rapport. Ils devraient être compris comme une première étape de réflexion sur le thème des besoins en compétences dans les contextes de travail où se déploie l'IA.

Pistes de recherches futures

S'il était souhaité d'approfondir ce rapport, trois améliorations pourraient être apportées. D'abord, une deuxième itération de recension plus large pourrait être menée afin de couvrir davantage de textes portant sur le sujet. Ensuite, une révision complète de chacune des unités d'analyse codées à partir d'un accord interjuge pourrait être menée. L'accord interjuge pourrait aussi porter sur la sélection des articles basée sur la lecture des titres et résumés, ainsi que la sélection basée sur la lecture complète de l'article, et non pas seulement sur le codage des articles retenus. Finalement, ces démarches mèneraient à une reconsidération des catégories et du cadre théorique ainsi qu'une réécriture des résultats affinés.

De plus, plutôt que d'utiliser une approche généraliste, la prochaine étape d'analyse pourrait utiliser les résultats du rapport afin de cibler certains secteurs d'emplois pour lesquels serait approfondie la recherche sur les besoins en compétences.

Dans la continuité d'une visée pragmatique, ce rapport pourrait servir de pierre d'assise pour la production éventuelle d'un référentiel de compétence lié à l'IA. Cela permettrait d'appuyer les établissements d'enseignement supérieur dans leurs réflexions sur la mise à niveau de leurs programmes de formation dans la considération des problématiques liées à la sphère sociale et professionnelle du déploiement de l'IA.

Références bibliographiques

- Balcar, J. (2016). Is it better to invest in hard or soft skills? *Economic and Labour Relations Review*, 27(4), 453–470.
- Beck, M., & Libert, B. (2017). The Rise of AI Makes Emotional Intelligence More Important. *Harvard Business Review*, 53(9), 1689–1699.
- Carrel, A. (2019). Legal Intelligence Through Artificial Intelligence Requires Emotional Intelligence: A New Competency Model for the 21st Century Legal Professional. *Georgia State University Law Review*, 35(4), 4.
- Chaka, C. (2020). Skills, competencies and literacies attributed to 4IR/Industry 4.0: Scoping review. *International Federation of Library Associations and Institutions*, 46(4), 369–399.
- Comission européenne. (2010). *Europe 2020 A European strategy for smart, sustainable and inclusive growth*.
- Conseil des Compétences futures. (2020). *Le Canada – une nation axée sur l'apprentissage : une main d'oeuvre qualifiée et souple, prête à définir l'avenir*. Gouvernement du Canada.
- Crawford Urban, M., & Johal, S. (2020). *Comprendre l'avenir des compétences : Tendances et réponses politiques dans le monde*. Forum des politiques publiques.
- Daugherty, P. R., Sage-Gavin, E., Vazirani, M., & Padro, M. (2018). *Advancing missing middle skills for human-AI collaboration*. Accenture.
- Daugherty, P. R., & Wilson, J. H. (2018). *Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI*. Harvard Business Review.
- Dilhac, M.-A., Abrassart, C., & Voarino, N. (2018). *Rapport de la déclaration de Montréal pour développement responsable de l'intelligence artificielle* (p. 312).
- Fan, K. Y., Hu, R., & Singla, R. (2020). Introductory machine learning for medical students: A pilot. *Medical Education*, 54(11), 1042–1043.
- Fareri, S., Chiarello, F., Coli, E., Teloni, D., Dente, G., & Fantoni, G. (2018). Workers 4.0: skills, profiles and jobs in different business functions. In T. Hogarth (Ed.), *Economy, employment and skills: european, regional and global perspectives in an age of uncertainty* (The Quarde, Issue Septembre, pp. 95–107).
- French, L., & Poole, M. (2020). New competencies for media and communication in an AI era. In Unesco (Ed.), *Humanistic futures of learning - Perspectives from UNESCO Chairs and UNITWIN Networks* (pp. 136–140). Unesco Education Sector.
- Gaudreau, H., & Lemieux, M.-M. (2020). *L'intelligence artificielle en éducation : un aperçu des possibilités et des enjeux*. Études et recherches, Québec, Conseil supérieur de l'éducation, 26 p.
- Ghislieri, C., Molino, M., & Cortese, C. G. (2018). Work and Organizational Psychology Looks at the Fourth Industrial Revolution: How to Support Workers and Organizations? *Frontiers in Psychology*, 9.
- Gillan, C., Milne, E., Harnett, N., Purdie, T. G., Jaffray, D. A., & Hodges, B. (2019). Professional implications of introducing artificial intelligence in healthcare: an evaluation using radiation medicine as a testing

- ground. *Journal of Radiotherapy in Practice*, 18(1), 5–9.
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 1–6.
- Huang, M.-H. H., & Rust, R. T. (2018). Artificial Intelligence in Service. *Journal of Service Research*, 21(2), 155–172.
- Jacob, S., Souissi, S., & Milot-Poulin, J. (2020). *Intelligence artificielle et transformation du métier d'avocat*. Université Laval.
- Jansen, A. J., White, L. A., Dhuey, E., Foster, D., & Perlman, M. (2019). Training and skills development policy options for the changing world of work. In *Future Skills Research Lab, University of Toronto* (Vol. 45, Issue 4).
- Jerman, A., Bach, M. P., & Bertoneclj, A. (2018). A bibliometric and topic analysis on future competences at smart factories. *Machines*, 6(3), 1–13.
- Kruger, S., & Steyn, A. A. (2020). A conceptual model of entrepreneurial competencies needed to utilise technologies of Industry 4.0. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation*.
- Küpper, D., Lorenz, M., Kuhlmann, K., Bouffault, O., Heng, L. Y., Van Wyck, J., Köcher, S., & Schlageter, J. (2018). *AI in the Factory of the Future: The ghost in the machine*.
- Legendre, M. (2001). Sens et portée de la notion de compétence dans le nouveau programme de formation. *Revue de l'AQEFLS*, 23(1), 12–31.
- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. *Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2020). The Demands of Industry 4.0 on Project Teams. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 941–949.
- McCoy, L. G., Nagaraj, S., Morgado, F., Harish, V., Das, S., & Celi, L. A. (2020). What do medical students actually need to know about artificial intelligence? *Digital Medicine*, 3(1), 2–4.
- McKinsey Global Institute. (2017). *Artificial intelligence - the next digital frontier?* [https://doi.org/10.1016/S1353-4858\(17\)30039-9](https://doi.org/10.1016/S1353-4858(17)30039-9)
- MEES. (2019). *Cadre de référence de la compétence numérique*. Gouvernement du Québec.
- Microsoft. (2018). *The Future of Artificial Intelligence and its Role in Society*. Microsoft corporation.
- O'Brien, C. (2019). How artificial intelligence will affect the practice of law. *Academic Festival Event 50*, 106–124.
- OCDE. (2019a). *Stratégie 2019 de l'OCDE sur les compétences*. Publications de l'OCDE.
- OCDE. (2019b). *L'intelligence artificielle dans la société (résumé)*. Publications de l'OCDE.

- Pessoa da Silva, L., Pontes, J., de Resende, L. M. ., & Yoshino, R.. (2019). Analysis of the main categories of skill oriented to the context of the Industry 4.0. *3rd International Symposium on Supply Chain 4.0: Challenges and Opportunities of Digital Transformation, Intelligent Manufacturing and Supply Chain Management 4.0*.
- Policy Horizons Canada. (2019). The Future of Work: Five Game Changers. *Gouvernement du Canada*.
- Rao, M. S. (2018). Soft skills: toward a sanctimonious discipline. *On the Horizon*, 26(3), 215–224.
- Schöpfel, J. (2010). Towards a Prague definition of Grey Literature. *Twelfth International Conference on Grey Literature: Transparency in Grey Literature*, 11–26.
- Shaffer, K. J., Gaumer, C. J., & Bradley, K. P. (2020). Artificial intelligence products reshape accounting: time to re-train. *Development and Learning in Organizations*, 34(6), 41–43.
- Sousa, M. J., & Wilks, D. (2018). Sustainable Skills for the World of Work in the Digital Age. *Systems Research and Behavioral Science*, 35(4), 399–405.
- St-Onge, S., Magnan, M., & Vincent, C. (2020). *Les incidences de l'intelligence artificielle sur la gestion des compétences dans le secteur des services financiers*. Cahier Scientifique CIRANO.
- Suriaga, A. (2019). Nurse Caring: From Robotic Surgeries to Healthcare Robots. *International Journal for Human Caring*, 23(2), 178–184.
- Tardif, J. (2003). Développer un programme par compétences: de l'intention à la mise en oeuvre. *Pédagogie Collégiale*, 16(3), 36–44.
- Tegmark, M. (2017). *Life 3.0 : being human in the age of artificial intelligence*. New-York; Alfred A. Knopf.
- Vu, V., Lamb, C., & Willoughby R. (2019). *I, Human: Digital and soft skills in a new economy*.
- World Economic Forum. (2020). The Future of Jobs Report 2020. World Economic Forum. *Research Report, October*, 161 p.
- World Economic Forum. (2021). *Harnessing Fourth Industrial Revolution Technologies in a COVID-19 World* (Issue December 2020).
- Zarowitz, B. J. (2020). Emerging Pharmacotherapy and Health Care Needs of Patients in the Age of Artificial Intelligence and Digitalization. *Annals of Pharmacotherapy*, 54(10), 1038–1046.

Annexe A : Références bibliographiques des textes retenus dans le projet de recension

Ally, M. (2019). Competency Profile of the Digital and Online Teacher in Future Education. *International Review of Research in Open & Distance Learning*, 20(2), 302–318.

Beck, M., & Libert, B. (2017). The Rise of AI Makes Emotional Intelligence More Important. *Harvard Business Review*, 53(9), 1689–1699.

Carrel, A. (2019). Legal Intelligence Through Artificial Intelligence Requires Emotional Intelligence: A New Competency Model for the 21st Century Legal Professional. *Georgia State University Law Review*, 35(4), 4.

Chaka, C. (2020). Skills, competencies and literacies attributed to 4IR/Industry 4.0: Scoping review. *International Federation of Library Associations and Institutions*, 46(4), 369–399.

Daugherty, P. R., Sage-Gavin, E., Vazirani, M., & Padro, M. (2018). *Advancing missing middle skills for human-AI collaboration*. Accenture Research. Retrouvé le 6 mai 2021 au : https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-89/Accenture-ASPEN-Missing-Middle-Skills-POV.PDF#zoom=50

Fan, K. Y., Hu, R., & Singla, R. (2020). Introductory machine learning for medical students: A pilot. *Medical Education*, 54(11), 1042–1043.

French, L., & Poole, M. (2020). New competencies for media and communication in an AI era. In Unesco (Ed.), *Humanistic futures of learning - Perspectives from UNESCO Chairs and UNITWIN Networks* (pp. 136–140). Unesco Education Sector.

Ghislieri, C., Molino, M., & Cortese, C. G. (2018). Work and Organizational Psychology Looks at the Fourth Industrial Revolution: How to Support Workers and Organizations? *Frontiers in Psychology*, 9.

Gillan, C., Milne, E., Harnett, N., Purdie, T. G., Jaffray, D. A., & Hodges, B. (2019). Professional implications of introducing artificial intelligence in healthcare: an evaluation using radiation medicine as a testing ground. *Journal of Radiotherapy in Practice*, 18(1), 5–9.

Huang, M.-H. H., & Rust, R. T. (2018). Artificial Intelligence in Service. *Journal of Service Research*, 21(2), 155–172.

Jacob, S., Souissi, S., & Milot-Poulin, J. (2020). Intelligence artificielle et transformation du métier d'avocat. *Chaire de recherche sur l'administration publique à l'ère numérique*. Québec. Université Laval.

Jansen, A. J., White, L. A., Dhuey, E., Foster, D., & Perlman, M. (2019). Training and skills development policy options for the changing world of work. Dans *Future Skills Research Lab, University of Toronto* (Vol. 45).

Jerman, A., Bach, M. P., & Bertonecelj, A. (2018). A bibliometric and topic analysis on future competences at smart factories. *Machines*, 6(3), 1–13.

Kompella, K. (2020). Getting Started With AI Ethics. *Information Today*, 37(2), 38.

Kruger, S., & Steyn, A. A. (2020). A conceptual model of entrepreneurial competencies needed to utilise technologies of Industry 4.0. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation*.

- Long, D., & Magerko, B. (2020). What is AI Literacy? Competencies and Design Considerations. *Conference on Human Factors in Computing Systems*.
- Marnewick, C., & Marnewick, A. L. (2020). The Demands of Industry 4.0 on Project Teams. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(3), 941–949.
- McCoy, L. G., Nagaraj, S., Morgado, F., Harish, V., Das, S., & Celi, L. A. (2020). What do medical students actually need to know about artificial intelligence? *Digital Medicine*, 3(1), 2–4.
- Microsoft. (2018). *The Future of Artificial Intelligence and its Role in Society*. Microsoft corporation. Retrouvé le 6 mai 2021 au : https://news.microsoft.com/wp-content/uploads/2018/02/The-Future-Computed_2.8.18.pdf
- O'Brien, C. (2019). How artificial intelligence will affect the practice of law. *Academic Festival Event 50*, 106–124.
- Pessoa da Silva, L., Pontes, J., de Resende, L. M. ., & Yoshino, R. . (2019). Analysis of the main categories of skill oriented to the context of the Industry 4.0. *3rd International Symposium on Supply Chain 4.0: Challenges and Opportunities of Digital Transformation, Intelligent Manufacturing and Supply Chain Management 4.0*.
- Shaffer, K. J., Gaumer, C. J., & Bradley, K. P. (2020). Artificial intelligence products reshape accounting: time to re-train. *Development and Learning in Organizations*, 34(6), 41–43.
- Sousa, M. J., & Wilks, D. (2018). Sustainable Skills for the World of Work in the Digital Age. *Systems Research and Behavioral Science*, 35(4), 399–405.
- St-Onge, S., Magnan, M., & Vincent, C. (2020). *Les incidences de l'intelligence artificielle sur la gestion des compétences dans le secteur des services financiers*. Cahier Scientifique CIRANO.
- Suriaga, A. (2019). Nurse Caring: From Robotic Surgeries to Healthcare Robots. *International Journal for Human Caring*, 23(2), 178–184.
- Višnovský, J., Ungerová, M., Kubíková, K., & Višňovský, J. (2019). Robo-Journalism and Its Implementation in Editorial Practice. *NORDSCI International Conference Proceedings Education and Language Edition*, 2, 169–175.
- Zarowitz, B. J. (2020). Emerging Pharmacotherapy and Health Care Needs of Patients in the Age of Artificial Intelligence and Digitalization. *Annals of Pharmacotherapy*, 54(10), 1038–1046.