

Intelligence artificielle en santé et SST

Marie Comeau

ÉTAT DE LA QUESTION

QR-1130-fr



NOS RECHERCHES travaillent pour vous !

Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

Mission

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes;

Assurer la diffusion des connaissances et jouer un rôle de référence scientifique et d'expertise;

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour.
De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement :

- au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par l'Institut et la CNESST (preventionautravail.com)
- au bulletin électronique InfoIRSST

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
2021
ISBN : 978-2-89797-146-5

IRSST - Direction des communications
et de la valorisation de la recherche
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec) H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail
Avril 2021

Intelligence artificielle en santé et SST

Marie Comeau

IRSST

ÉTAT DE LA QUESTION

QR-1130-fr



Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document.

En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

Cette publication est disponible en version PDF sur le site Web de l'IRSST.



NOTE AU LECTEUR

Les conclusions et recommandations sont celles de l'auteur.
Les résultats des travaux publiés dans ce document n'ont pas fait l'objet d'une évaluation par les pairs.

REMERCIEMENTS

L'auteure de ce rapport tient à remercier M^{mes} Sabrina Jocelyn et Élise Ledoux pour leurs précieux commentaires lors de la rédaction de ce rapport.

TABLE DE MATIÈRES

REMERCIEMENTS	i
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES FIGURES	vii
1. INTRODUCTION	1
1.1 CONTEXTE	1
1.1.1 Part de l'emploi dans le secteur de la santé et des services sociaux au Québec	1
1.1.2 Lésions professionnelles indemnisées dans le secteur de la santé et des services sociaux.....	1
1.1.3 Transformations dans le secteur de la santé	1
1.1.4 Actions gouvernementales	3
1.2 L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE	4
1.2.1 Les usages de l'IA	5
1.2.2 La génération et la collecte de données	5
1.2.3 Stockage, préparation et traitement des données	6
1.2.4 La réponse (ou restitution de la donnée)	7
1.2.5 Exemple : le processus d'apprentissage automatique.....	7
1.2.6 Défis anticipés	9
1.2.7 Transformations anticipées.....	9
1.3 LES ORIENTATIONS DE RECHERCHE À L'IRSST	9
1.4 OBJECTIFS.....	10
2. MÉTHODOLOGIE	11
2.1. Recherche bibliographique.....	11
2.2. Analyse et synthèse de la documentation consultée.....	11
3. RÉSULTATS	13
3.1 Outils connectés	14
3.2 Outils d'aide au diagnostic et au traitement	15
3.3 Robotique autonome	17
4. DISCUSSION ET CONCLUSION.....	19
4.1 Pourquoi intégrer des technologies utilisant l'IA dans le secteur de la santé et des services sociaux?	19
4.2 Impacts sur le travail	20
4.3 Impacts sur la sst	20
4.4 Défis	21
RÉFÉRENCES	23

ANNEXE 1 : APERÇU DES MOTS CLÉS UTILISÉS POUR LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE	27
ANNEXE 2 : LE CAS DE L’OUTIL DE CHEMINEMENT CLINIQUE INFORMATISÉ (OCCI).....	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.	Les usages de l'IA et les types d'interfaces humain-machine associés	13
Tableau 2.	Résumé des informations recensées sur les outils connectés	14
Tableau 3.	Résumé des résultats concernant les outils d'aide au diagnostic et au traitement	15
Tableau 4.	Résumé des résultats concernant la robotique autonome	17

LISTE DES FIGURES

Figure 1.	Le nombre de publications par année (1977 à 2017) sur le thème de l'IA en médecine dans Scopus et Web of Science (Tiré de Tran <i>et al.</i> , 2019).	3
Figure 2.	Fonctions et composantes technologiques de l'IA (adapté de Pipame, 2019).	5
Figure 3.	Historique de l'IA.	7
Figure 4.	Processus d'apprentissage automatique (adapté de Pipame, 2019).	8

1. INTRODUCTION

1.1 CONTEXTE

1.1.1 Part de l'emploi dans le secteur de la santé et des services sociaux au Québec

Depuis les années 2000, la part du secteur des services dans l'économie québécoise ne fait que croître (Statistique Canada, 2015). Le secteur des services a vu une augmentation de 261 700 emplois durant les dix dernières années, tandis que le secteur des biens a vu une augmentation de 8 600 emplois (Demers et Rabemananjara, 2019).

C'est le secteur des soins de santé et de l'assistance sociale qui participe le plus à cette hausse, avec 17 600 emplois de plus dans les 11 premiers mois de 2018¹ et 82 800 emplois de plus dans les dix dernières années² (Demers et Rabemananjara, 2019). Selon Demers et Rabemananjara (2019), ce secteur est le plus dynamique. Les auteurs soulignent que ce secteur représente 12,4 % de l'emploi au Québec en 2018, mais qu'il occupe plus du quart de l'augmentation des emplois pour la période 2008-2018.

1.1.2 Lésions professionnelles indemnisées dans le secteur de la santé et des services sociaux

Comparativement aux autres secteurs, le secteur de la santé et des services sociaux québécois présente le nombre de lésions professionnelles le plus haut. De 2011 à 2015, la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNESST) a documenté près de 16 000 lésions annuellement (CNESST, 2017). Cela représente 18 % du total des lésions tous secteurs d'activités confondus. Fort de ce constat, la CNESST a priorisé ce secteur dans son plan pluriannuel 2017-2019 (CNESST, 2018). En plus, les partenaires de l'IRSST ont aussi « soulevé des préoccupations sur la manière de mobiliser et de favoriser plus d'initiatives dans la prise en charge de la SST [...] dans le secteur des soins » (IRSST, 2018).

1.1.3 Transformations dans le secteur de la santé

Le plan quinquennal de production scientifique et technique de l'IRSST (IRSST, 2018) souligne que les milieux de travail font face à de grands changements sur les plans démographiques, économiques et technologiques. Le Québec n'y fait pas exception, tout comme son secteur de la santé et des services sociaux.

Sur le plan démographique, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE, 2018) avance que la part de la population âgée par rapport à la population active risque de doubler d'ici 2020. Les nombreux départs à la retraite ont été soulevés comme étant une préoccupation importante des partenaires de l'IRSST qui demandent des actions pour favoriser le maintien en emploi des travailleurs seniors (IRSST, 2018). En plus, un article du journal *Le Devoir* soulignait que d'ici à 2024, un peu plus de 60 000 postes en santé seraient à combler

¹ Dans les 11 premiers mois de 2018, une augmentation de 65 000 emplois a été documentée pour le secteur des services (Institut de statistique du Québec, 2019).

² Comparativement à 44 300 emplois pour les services d'enseignement, 36 000 emplois pour les services professionnels, scientifiques et techniques, 36 500 emplois pour les services d'hébergement et de restauration, etc. (Institut de statistique du Québec, 2019).

(Porter *et al.*, 2019). Dans ce contexte de main-d'œuvre vieillissante (de Jong *et al.*, 2014; OCDE, 2018) et de manque de main-d'œuvre, les travailleurs seront encouragés à retarder leur départ à la retraite et pourraient voir leur vie professionnelle s'allonger. Un autre élément perturbateur est l'augmentation considérable de l'espérance de vie (Azeredo, 2018; de Jong *et al.*, 2014). Le vieillissement de la population a un impact sur la demande en soins de santé; les besoins en santé risquent d'augmenter et conséquemment une augmentation des coûts du système de la santé est à prévoir (de Jong *et al.*, 2014). Aussi, cette espérance de vie allongée transforme le monde médical en participant à augmenter la part des maladies chroniques qui sont plus complexes à traiter (de Jong *et al.*, 2014; Scheen, 2012). De plus, cette complexité de traitement est parfois exacerbée par la présence de plus d'une pathologie. À cela, nous pouvons aussi ajouter l'évolution constante des pratiques médicales (de Jong *et al.*, 2014).

Sur le plan économique, le secteur de la santé est passé par plusieurs transformations importantes. En 2011, le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) a débuté le déploiement du *Lean Santé* où l'objectif était d'améliorer la productivité des activités de soins (Houle, Bareil, Gosselin et Jobin, 2015). Ainsi, le secteur de la santé tend à adopter les modèles d'affaire du secteur industriel en visant la rentabilité de ses activités.

Sous un même ordre d'idée, les technologies de la 4^e révolution industrielle intègrent graduellement ce milieu. Les principales motivations de cette transformation sont la réduction des coûts et l'amélioration de la qualité des soins (de Jong *et al.*, 2014). Selon Tran *et al.* (2019), ce thème est aussi très convoité en recherche. Ils notent que l'intérêt pour l'IA en médecine a augmenté de manière exponentielle au cours des dernières années (figure 1) et que les pays y ayant le plus contribué sont les États-Unis, la Chine et l'Italie³.

³ États-Unis : 10 623 publications; Chine : 2617 publications; Italie : 1834 publications; Allemagne : 1553 publications; Canada : 1312 publications (de 1977 à 2017)

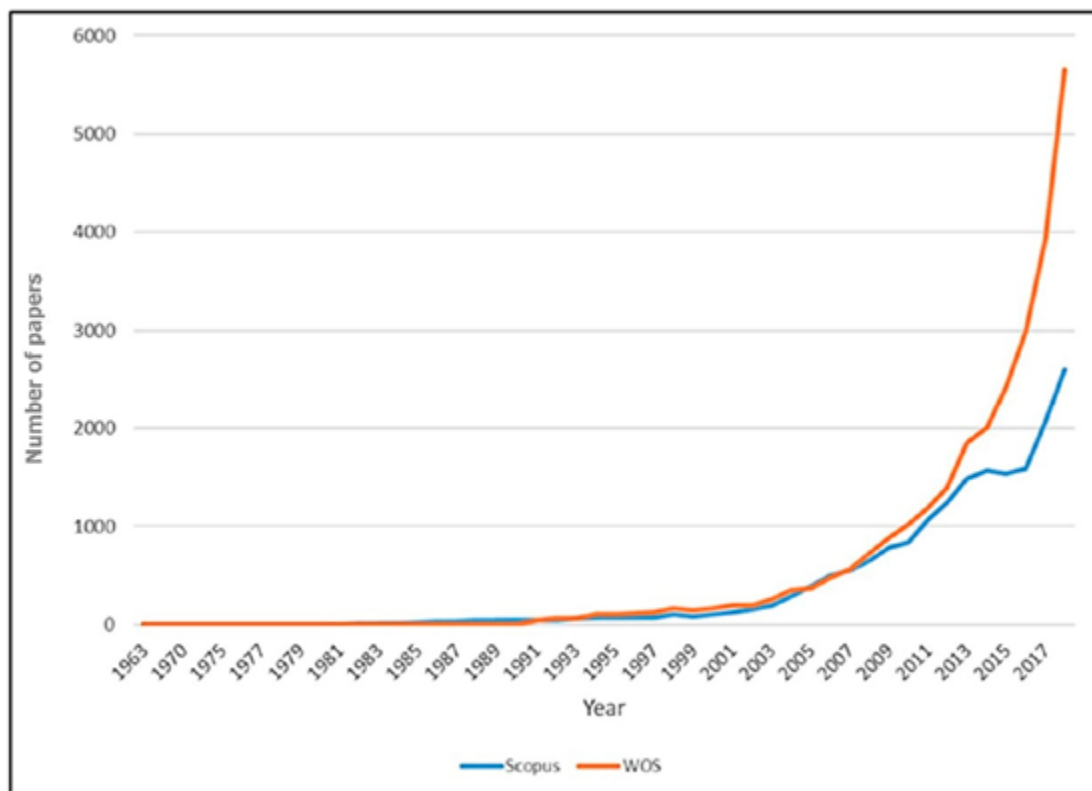


Figure 1. Le nombre de publications par année (1977 à 2017) sur le thème de l'IA en médecine dans Scopus et Web of Science (Tiré de Tran *et al.*, 2019).

1.1.4 Actions gouvernementales

1.1.4.1 Fédéral

Le Comité sénatorial permanent des affaires sociales, des sciences et de la technologie (Sénat) a publié plusieurs rapports concernant le secteur de la santé. Ils ont traité notamment de la complexité des maladies chroniques et des besoins croissants de la population vieillissante (Sénat, 2016a; Sénat, 2016b). Comme illustré précédemment, ces éléments participent aux transformations du milieu médical. Aussi, un rapport a abordé le besoin criant d'innovation et d'adaptation du système de santé pour assurer sa survie (Sénat, 2012).

En 2017, le Comité sénatorial a publié un rapport dans le cadre de l'étude du rôle de l'automatisation dans le système des soins de santé. Dans ce rapport, le Comité a ciblé la robotique, l'intelligence artificielle et l'impression en 3D (Sénat, 2017). Ils y émettent une série de recommandations qui font principalement référence aux activités à réaliser par un groupe d'experts (orienter les actions, émission de recommandations, etc.) et à l'évaluation de l'avancement de l'implantation des technologies dans le système de santé canadien.

1.1.4.2 Provincial

En 2016, le ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation du Québec (MESI) a lancé le Plan d'action en économie numérique du Québec (MESI, 2016). La 6^e orientation du plan, « La santé connectée au citoyen », cible le secteur de la santé. Ce volet du plan vise à rendre le

citoyen plus actif dans la prise en charge de sa santé. Cela sous-entend une transformation de l'activité de travail du personnel soignant. Le plan soutient que le numérique aidera à améliorer l'efficacité des soins et la relation entre le patient et les intervenants. Par exemple, les données pourront permettre de fournir de l'information clinique en continu et favoriser les services de santé à distance. De ce fait, le plan du MESI cible le développement des services de télésanté et l'exploitation des mégadonnées. Selon le ministère, l'intelligence artificielle (IA) est l'une des technologies qui offrent un grand potentiel quant à l'amélioration des soins de santé (MESI, 2016).

1.2 L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'IA est au cœur de nombreux débats et fait des progrès spectaculaires depuis quelques années. Selon le Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques (Pipame, 2019) et France stratégie (Benhamou et Janin, 2018), l'IA est un ensemble de technologies qui permettent de reproduire l'intelligence humaine, ou du moins, de s'en approcher. Pour y parvenir, les experts s'appuient sur plusieurs disciplines comme l'informatique, l'électronique, les mathématiques, les neurosciences, l'ergonomie, la psychologie cognitive, la sociologie et les sciences cognitives (Charlet et Bringay, 2020; Pipame, 2019).

Intelligence : « Aptitude d'un être humain à s'adapter à une situation, à choisir des moyens d'action en fonction des circonstances ».⁴

Dès les années 1950, Alan Turing a été le premier à aborder l'IA dans ses travaux (Pipame, 2019). C'est en 1956 que l'IA a intégré le monde de la recherche et c'est à partir des années 2000 que l'IA s'est développée davantage (Pipame, 2019; Sénat, 2017). Cet essor a été surtout possible grâce à l'amélioration des capacités de calculs et de stockage.

Voici les facteurs qui ont supporté ces améliorations :

- Arrivée du réseau Internet
- Augmentation des quantités de données disponibles (*big data*), tant pour l'apprentissage que pour les tests
- Capacités de calculs améliorées, notamment avec les supercalculateurs
- Arrivée de la mobilité
- Croissance de la performance et de la disponibilité des capteurs

⁴ <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/intelligence/43555>

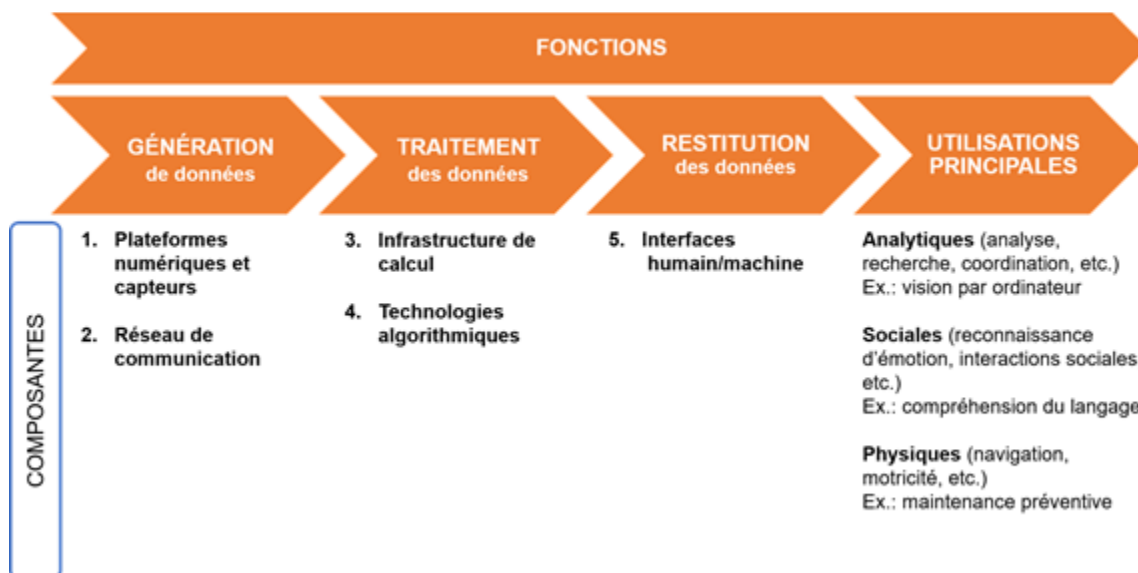


Figure 2. Fonctions et composantes technologiques de l'IA (adapté de Pipame, 2019).

1.2.1 Les usages de l'IA

L'IA permet plusieurs usages. Comme l'illustre la figure 2, ces utilisations peuvent être d'ordre analytique, social ou physique. Ces usages sont associés à des tâches cognitives, comme la perception, la compréhension et la décision (Pipame, 2019; Sénat, 2017). Voici des exemples pour chaque type de tâche :

- tâche de perception : reconnaître un outil sur une image;
- tâche de compréhension : comprendre à quoi sert l'outil;
- tâche de décision : recommander d'utiliser l'outil pour une tâche précise.

Actuellement, ce sont les tâches cognitives de perception et de compréhension qui sont prédominantes et pour lesquelles l'IA est plus performante (Pipame, 2019). Pour parvenir à ces fins, plusieurs technologies peuvent être utilisées, comme la vision par ordinateur, la compréhension du langage et l'interaction intelligente autonome.

1.2.2 La génération et la collecte de données

L'IA ne peut fonctionner sans données. Ainsi, la première étape est de générer des données. Cela est possible grâce à deux composantes de l'IA :

- les plateformes numériques et les infrastructures de capteurs;
- les réseaux de communications.

Les plateformes numériques et les infrastructures de capteurs permettent de fournir des données en continu, tandis que les réseaux de communication collectent et transmettent les données. Ces réseaux peuvent prendre plusieurs formes :

- Réseaux fixes (p. ex. : fibre optique);
- Réseaux mobiles (p. ex. : 4G, 5G);

- Réseaux IdO⁵ : réseaux de capteurs sans-fil qui collectent des données en continu qui sont ensuite transmises aux systèmes qui pourront traiter et analyser l'information (Pipame, 2019). Ces réseaux sont très utiles quand il est question de décision autonome.

1.2.3 Stockage, préparation et traitement des données

Ensuite, pour traiter les données, celles-ci doivent d'abord être stockées dans des infrastructures de calcul à grande échelle pour permettre leur exploitation. Les données collectées ne sont pas nécessairement structurées. Avant leur exploitation, il est nécessaire de les « préparer » pour enlever les données incohérentes ou les corriger.

Il est important de noter que l'IA ne fonctionne pas de manière totalement autonome, mais qu'elle dépend de son concepteur qui en déterminera les paramètres (Benhamou et Janin, 2018). Pour analyser les données, une technologie algorithmique doit être choisie par le concepteur. La technologie la plus souvent évoquée est l'apprentissage automatique ou « machine learning ». L'apprentissage automatique a vu le jour dans les années quatre-vingt (Charlet *et al.*, 2020; Pipame, 2019; Figure 1.3). Cette technologie permet aux machines d'apprendre sans programmation manuelle. Vers les années 2010, l'apprentissage profond, une sous-catégorie de l'apprentissage automatique, s'est développé (Charlet *et al.*, 2020; Pipame, 2019; figure 3). Celle-ci a permis les avancées spectaculaires de l'apprentissage automatique grâce aux réseaux de neurones profonds à couches multiples (Benhamou et Janin, 2018). Ces couches de réseaux de neurones imitent le fonctionnement du cerveau humain (Sénat, 2017). Cette méthode, souvent appelée la « boîte noire » de l'IA, permet l'apprentissage de notions plus abstraites dont le processus d'émission de réponse n'est pas visible ou compréhensible (Benhamou et Janin, 2018). Cette partie obscure du fonctionnement des réseaux de neurones profonds fait l'objet de travaux de recherche afin de trouver des moyens pour décrire le raisonnement de l'IA (Benhamou et Janin, 2018). Selon le Comité permanent des affaires sociales, des sciences et de la technologie (Sénat, 2017), l'apprentissage profond est un des sujets principaux de recherche en IA au Canada.

⁵ IdO : internet des objets

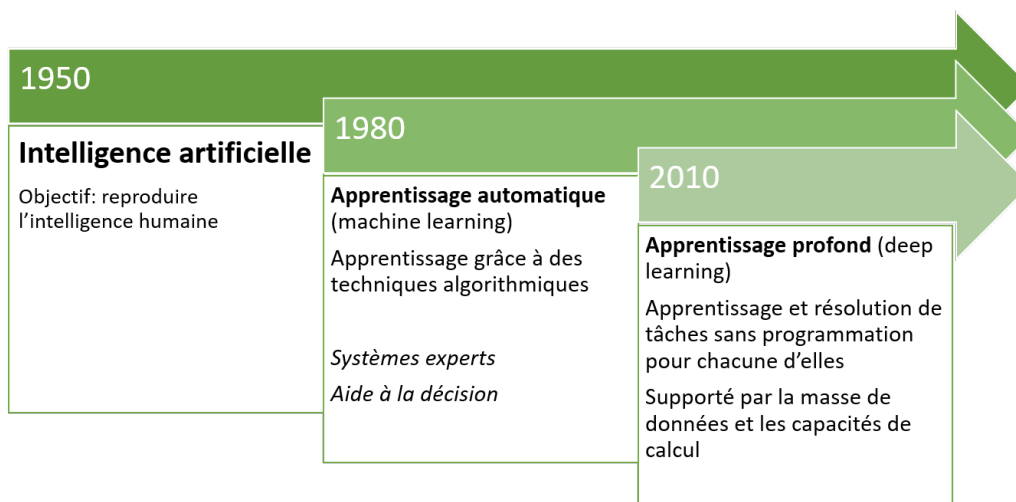


Figure 3. Historique de l'IA.

Une fois la technologie algorithmique choisie, le type d'algorithme sera identifié en fonction du problème à résoudre ou de la tâche à effectuer. Le type de données disponibles indiquera aussi le type d'algorithme qui pourra être utilisé.

Enfin, l'apprentissage est essentiel à tout processus d'IA. « *L'apprentissage correspond à extrapoler une loi à partir d'un ensemble de données par itération successives en ajustant les règles en fonction de l'erreur obtenue à chaque itération* » (Pipame, 2019). Ce processus remplace la programmation des règles et permet une amélioration continue de la performance du dispositif (Benhamou et Janin, 2018; Pipame, 2019). Le mode d'apprentissage (p. ex. : supervisé, non supervisé, semi-supervisé, par renforcement, actif) sera choisi en fonction du type de données disponibles et le type de problème à résoudre (Pipame, 2019).

1.2.4 La réponse (ou restitution de la donnée)

Une fois les données traitées, la réponse sera restituée via une interface humain-machine (figure 2). Selon le Pipame (2019), pour les usages s'apparentant davantage à une aide à la décision, l'interface sera principalement simple, comme un ordinateur ou une tablette. Dans les usages de type prise de décision autonome, l'interface sera plus évoluée, prenant par exemple la forme d'un robot collaboratif ou d'une voiture autonome.

1.2.5 Exemple : le processus d'apprentissage automatique

La figure 4 illustre le processus de résolution de problème réalisé grâce à l'IA et plus précisément, lors de l'utilisation de l'apprentissage automatique (*machine learning*). De manière générale, on doit d'abord identifier le problème à résoudre et les données utiles (1). Les données seront ensuite collectées (2). Celles-ci ne pourront pas être utilisées telles quelles; elles devront être étiquetées manuellement pour être utilisées par l'algorithme choisi (3). S'en suit un processus itératif : après que le concepteur ait choisi quel type de technologie utiliser, l'algorithme est entraîné; sa performance est évaluée dans le but d'optimiser la collecte de données et par conséquent, améliorer son efficacité (4 et 5).



Figure 4. Processus d'apprentissage automatique (adapté de Pipame, 2019).

1.2.6 Défis anticipés

Ainsi, les améliorations technologiques (techniques algorithmiques) des dernières années ont permis plusieurs usages, notamment la perception visuelle, la compréhension du langage, l'analyse automatique et la prise de décision autonome (Pipame, 2019). Toutefois, l'IA demande des ressources considérables pour parvenir à ses fins. Par exemple, des algorithmes fondés sur les réseaux de neurones demandent beaucoup d'énergie et de données.

Outre ces questions techniques, l'IA nous pousse à nous questionner sur les enjeux éthiques liés à son utilisation, notamment relativement à son impact sur la vie privée (Benhamou et Janin, 2018; Dilhac, Abrassart et Voarino, 2018; National Health Services [NHS], 2019; Pipame, 2019; Sénat, 2017). De nombreuses organisations revendiquent l'établissement d'un cadre législatif afin de protéger la population.

1.2.7 Transformations anticipées

Plusieurs auteurs s'entendent sur le fait que l'IA participera à la transformation des milieux de travail :

- les gains économiques potentiels sont souvent évoqués et principalement en lien avec l'augmentation de la productivité;
- la création de nouveaux métiers liés au développement de l'IA, la transformation ou l'élimination de certains métiers;
- des transformations des conditions de travail sont anticipées, comme l'automatisation de tâches routinières et l'attribution de tâches complexes aux travailleurs⁶.

Conséquemment, l'IA présente autant des avantages que des défis pour le monde du travail. Ces transformations pourraient avoir des impacts en termes de santé et sécurité au travail (SST). Aussi, plusieurs secteurs d'activités seront touchés par l'IA, dont le secteur de la santé et des services sociaux (Accenture, 2018; Benhamou et Janin, 2018; NHS, 2019; Pipame, 2019; Sénat, 2017). Selon plusieurs, ce secteur est très prometteur quant aux applications possibles de l'IA et aux bénéfices qui pourraient en résulter. Selon Benhamou et Janin (2018), le NHS⁷ (2019) et le Sénat (2017), l'IA pourrait y entraîner des transformations du travail majeures.

1.3 LES ORIENTATIONS DE RECHERCHE À L'IRSST

En 2018, le champ de recherche Prévention durable en SST et environnement de travail (PDSSTET) de l'IRSST a lancé une nouvelle thématique de recherche « Révolution numérique (4.0) : opportunités et risques » (IRSST, 2018). Cette thématique de recherche a comme objectif principal d'améliorer la compréhension des transformations des milieux de travail et de documenter les risques en SST anticipés en lien avec l'introduction des nouvelles technologies. Ensuite, ces avancées permettront d'atteindre l'objectif secondaire, c'est-à-dire de soutenir et accompagner les milieux de travail dans l'intégration des nouvelles technologies.

Le champ de recherche Prévention des risques mécaniques et physiques (PRMP) de l'IRSST a développé une programmation thématique portant sur la *cobotique* « Implantation et utilisation sécuritaire de la robotique collaborative ». Aussi, des réflexions, initiées au sein du champ PRMP, sont menées dans le but de développer une programmation thématique sur les vêtements

⁶ Les tâches complexes comme la conduite automobile sont de plus en plus réalisables par l'IA, mais l'automatisation de telles tâches demande encore à être améliorée (Benhamou et Janin, 2018).

⁷ National Health Service (United Kingdom National Health Service)

intelligents. Toutefois, ces orientations de recherche ne ciblent pas particulièrement le secteur de la santé et des services sociaux.

1.4 OBJECTIFS

Afin de poursuivre les réflexions dans le cadre de la nouvelle thématique de recherche « Révolution numérique (4.0) : opportunités et risques », le présent état de la question tentera de répondre à ces objectifs :

- a) identifier les principales technologies de l'IA dans le secteur de la santé et des services sociaux et documenter leur impact sur le travail et la SST pertinents pour le champ PDSSTET;
- b) identifier les avenues de recherche pertinentes pour le champ PDSSTET;

2. MÉTHODOLOGIE

Afin de répondre aux deux objectifs du présent état de la question, la méthodologie utilisée a été inspirée de celle de Stacey *et al.* (2018a; 2018b) et plus précisément de l'étape de veille scientifique incluse dans le processus de création de scénarios prospectifs.

2.1. Recherche bibliographique

Comme réalisé par Stacey *et al.* (2018a; 2018b), les documents suivants ont été inclus dans les analyses (publications des cinq dernières années; 2014 à 2018) :

- Articles revus par les pairs;
- Publications des régulateurs en SST (p. ex. : CNESST);
- Publications dans des magazines et sites Web de groupes professionnels;
- Publications dans des blogues technologiques et sites Web;
- Publications d'organismes de recherche.

La recherche d'articles revus par les pairs a été effectuée par la bibliothécaire de l'IR SST, experte en recension d'écrits, et ciblait la documentation qui traitait de l'IA dans le secteur de la santé et de son impact sur le travail. Comme la veille scientifique a été réalisée spécifiquement pour le champ PDSSTET, la documentation pertinente pour le champ PDSSTET a été retenue⁸. La recherche a été effectuée dans plusieurs bases de données⁹ sélectionnées par la bibliothécaire et a été guidée par des mots clés préétablis (annexe 1). Des références pertinentes citées dans les articles ont aussi été recueillies.

Les sites Web des régulateurs en SST, des organismes de recherche en SST¹⁰ et autres sites pertinents¹¹ ont été scrutés à l'aide de mots clés (annexe 1) pour identifier la documentation pertinente au présent rapport.

2.2. Analyse et synthèse de la documentation consultée

La documentation recueillie a été classée et analysée dans le logiciel NVivo™. Une grille d'analyse a été construite au fur et à mesure afin de catégoriser l'information. À partir de ces analyses, l'information a été synthétisée dans le but de répondre aux objectifs.

⁸ Pour obtenir un aperçu des objectifs du champ de recherche : <https://www.irsst.qc.ca/recherche-sst/priorites-recherche/prevention-durable-sst-environnement-travail>

⁹ P. ex. : blogues SST de l'IR SST, CCHST, Current Contents, Ei Compendex, Embase, Ergonomics Abstracts, ERIC, Google Scholar, ISST, NTIS, OSH Update, Pascal and Francis, PubMed, ProQuest, Sci Search, Social ScSearch.

¹⁰ TNO, HSE, INRS (France), NIOSH, FIOH, CIOP-PIB, IR SST, PEROSH, OSHRI/KOSHA, NFA, ICOH, JNIOH, WSHI, BAuA, IWH, WorkSafe BC, IST, SWA, EU-OSHA, CNESST

¹¹ P. ex. : OMS, Conseil national de l'Ordre des médecins, CNRC, IRSC, FRSQ, MSSSQ, OCDE

3. RÉSULTATS

Selon le Pipame (2019), il existe deux types d'usages de l'IA, soit l'aide à la décision et la décision autonome (tableau 1). Pour rendre ces usages possibles, les résultats de l'IA doivent être transmis à l'utilisateur. Ce sont les interfaces humain-machines qui le permettent (Pipame, 2019).

Tableau 1. Les usages de l'IA et les types d'interfaces humain-machine associés

Usages de l'IA	Exemples d'interface humain-machine (support)
Aide à la décision	Ordinateur Support mobile
Décision autonome	Robot (voiture, drone, robot industriel, robot de service, etc.)

Deux types d'interfaces humain-machine ont été identifiés dans la littérature comme présentant un potentiel considérable dans le secteur de la santé (Benhamou et Janin, 2018; Sénat, 2017) :

- Robotique autonome : principalement les robots de service
- Outils connectés : principalement pour la prise de données sur les patients

Aussi, un type d'usage a été identifié comme prometteur, soit l'aide au diagnostic et au traitement. Celui-ci est déjà présent dans le secteur de la santé et des services sociaux, mais avec l'ajout de l'IA, il pourrait avoir un impact encore plus important sur le travail.

Les changements anticipés dans le monde du travail se situent à plusieurs niveaux. Entre autres, on note un changement possible dans la prise en charge des patients, une réduction des tâches administratives et une augmentation du temps passé avec les patients (Benhamou et Janin, 2018; NHS, 2019). Par contre, les enjeux de SST en contexte d'utilisation de l'IA ont fait l'objet de peu d'études (Héry et Malenfer, 2018).

Les prochaines sections présentent un bilan des résultats recueillis dans le cadre de la veille scientifique pour les trois catégories identifiées comme prometteuses dans la littérature consultée, soit :

- les outils connectés;
- les outils d'aide au diagnostic et au traitement; et
- la robotique autonome.

Il est important de noter que pour la majorité des catégories, il s'agit de données prospectives.

3.1 Outils connectés

Le tableau 2 présente les principales informations recensées sur les outils connectés dans le secteur de la santé et des services sociaux.

Tableau 2. Résumé des informations recensées sur les outils connectés

Dans le tableau 2, les exemples sont fournis afin d'illustrer les propos et non à titre de recommandation d'utilisation. L'IRSST ne recommande aucune technologie en particulier.

CARACTÉRISTIQUES	
Contexte	La médecine tend de plus en plus vers la prévention en santé et tente de s'éloigner de l'approche curative.
Objectifs	- Agir en prévention en santé (Pipame, 2019) et impliquer le patient dans sa prise en charge; l'IA s'intègre en médecine préventive via l'utilisation des données médicales des patients (de Jong <i>et al.</i>, 2014; Pipame, 2019); - Améliorer l'efficacité des services de santé; - Pallier l'étalement urbain;
Exemples	- Montre connectée : service de médecine préventive via l'Apple Watch¹² (Pipame, 2019); - Pilulier intelligent : fournit des données numériques en temps réel sur les médicaments du patient; fournit des rapports; relie les différents intervenants de la santé; envoie un signal au patient en cas d'oubli du traitement; etc.¹³; - Mesure des signes vitaux en temps réel et signaux d'alerte basés sur des analyses prédictives : reliés en permanence à un soignant¹⁴;
Défis	Protection des données des patients et risque de piratage informatique;
TRAVAIL	
Activité de travail	- Selon Benhamou et Janin (2018), tous les intervenants peuvent être touchés (professionnels de la santé, médecins, infirmières, etc.). - Suivi connecté des patients : l'utilisation de l'IA pourrait transformer la prise en charge des patients (Benhamou et Janin, 2018), notamment en augmentant le travail de bureau et l'utilisation d'appareils électroniques (de Jong <i>et al.</i>, 2014). Selon de Jong <i>et al.</i>, (2014), l'utilisation de ces outils pourrait réduire le temps passé auprès des patients. - Exemples d'utilisation (Benhamou et Janin, 2018; de Jong <i>et al.</i>, 2014) : suivi des patients à distance; monitoring des patients en temps réel; échange d'information entre intervenants; amélioration de la coopération entre les intervenants; coordination des tâches entre les différents acteurs; - Arrivée de ces nouvelles technologies et leur évolution constante : besoin de nouvelles compétences et de formation en continu (de Jong <i>et al.</i>, 2014; Sénat, 2017);
SST	- Travail de bureau et utilisation d'appareils électroniques : risques de développer des TMS (de Jong <i>et al.</i>, 2014); - Utilisation des équipements électroniques et quantité importante de données à traiter : risque de surcharge cognitive (de Jong <i>et al.</i>, 2014);
RECHERCHE	
Organismes de recherche en SST	Rien n'a été documenté

¹² <https://www.apple.com/healthcare/apple-watch/>

¹³ Exemple : <https://www.domedic.ca/>; <https://www.pillohealth.com/>

¹⁴ Exemple : <https://vitalconnect.com/markets/hospital-monitoring/>; <https://vitalconnect.com/solutions/early-warning-score/>

3.2 Outils d'aide au diagnostic et au traitement

Le tableau 3 présente les principales informations recensées quant aux outils d'aide au diagnostic et au traitement dans le secteur de la santé et des services sociaux.

Tableau 3. Résumé des résultats concernant les outils d'aide au diagnostic et au traitement

Dans le tableau 3, les exemples sont fournis afin d'illustrer les propos et non à titre de recommandation d'utilisation. L'IR SST ne recommande aucune technologie en particulier.

CARACTÉRISTIQUES	
Contexte	Les outils d'aide au diagnostic et au traitement ne sont pas nouveaux. C'est l'introduction de l'IA dans ces dispositifs qui change leurs capacités (NHS, 2019).
Objectif	- Améliorer les services aux patients (Benhamou et Janin, 2018; Tang <i>et al.</i>, 2018); - Améliorer l'efficacité des organisations de santé (Tang <i>et al.</i>, 2018); - Soutenir les intervenants dans leur pratique (Benhamou et Janin, 2018; Tang <i>et al.</i>, 2018);
Fonctionnement	Deux composantes (Benhamou et Janin, 2018; Pipame, 2019) : 1) Base de données (données massives): comprends des publications scientifiques, des données épidémiologiques, des données des patients, etc.; 2) Moteur de recherche (algorithmes): pour chercher dans la base de données. Pour certaines applications, comme en dermatologie, des algorithmes surpassent les intervenants en santé (Pipame, 2019).
Exemples	- Watson santé¹⁵ : plusieurs services dont l'aide au choix de traitement en oncologie grâce au diagnostic posé par l'application (basé sur les données du patient et les publications scientifiques) (Benhamou et Janin, 2018; Pipame, 2019); - Reconnaissance d'images; CARDIOLOGS¹⁶ ou ULTROMICS¹⁷ : identifier des arythmies cardiaques sur des électrocardiogrammes (Pipame, 2019); - Outil de cheminement clinique informatisé (OCCI)¹⁸ : guide pour la planification des services (plan d'intervention); suivi des patients; partage d'information entre intervenants.
Défis	Besoin de grandes quantités de données (Benhamou et Janin, 2018; Del Castillo, 2018; Pipame, 2019;).

¹⁵ <https://www.ibm.com/watson/health/>

¹⁶ <https://cardiologs.com/>

¹⁷ <http://www.ultromics.com/>

¹⁸ <http://extranetcemtl.cemtl.rtss.qc.ca/index.php?id=2848>

Tableau 3. (suite) Résumé des résultats concernant les outils d'aide au diagnostic et au traitement

Dans le tableau 3, les exemples sont fournis afin d'illustrer les propos et non à titre de recommandation d'utilisation. L'IRSST ne recommande aucune technologie en particulier.

TRAVAIL	
Activité de travail	- Possibilité de transformer la répartition des tâches entre les intervenants en santé¹⁹ (Benhamou et Janin, 2018); - Nouvelles compétences et connaissances requises : connaissances numériques (Benhamou et Janin, 2018); regard critique sur la réponse de l'algorithme et comprendre sa décision (Benhamou et Janin, 2018; Del Castillo, 2018; NHS, 2019); besoins en formation (NHS, 2019); - Opportunité de support pour le travailleur (Benhamou et Janin, 2018) : augmenter les compétences des travailleurs (NHS, 2019); - Types de cas à traiter : ces dispositifs pourraient être utilisés pour la majorité des cas (cas simples), ce qui laisserait aux intervenants l'étude des cas complexes (Benhamou et Janin, 2018; NHS, 2019); - Impact incertain sur le temps passé avec les patients²⁰ (Rouleau <i>et al.</i>, 2017); - Impact incertain sur l'efficacité des intervenants²¹ (Rouleau <i>et al.</i>, 2017); - Possibilité d'amélioration de l'accès à l'information sur le patient et de l'échange d'information entre les intervenants (Rouleau <i>et al.</i>, 2017); - La satisfaction des infirmières quant à l'utilisation de ce type de dispositif ne fait pas l'unanimité scientifique (Rouleau <i>et al.</i>, 2017); - Enjeu d'habituatation au dispositif : le travailleur pourrait avoir perdu la capacité de réaliser la tâche par lui-même (NHS, 2019);
SST	- Réduction possible de l'autonomie des travailleurs (soumis à un contrôle automatisé) : risque de développer des troubles de santé mentale (Benhamou et Janin, 2018); réduction du sentiment de contrôle sur le travail, dont la manière de faire le travail; possibilité d'intensification du travail qui pourrait augmenter les absences pour maladie (HSE, 2018); risque d'encourager le sentiment d'aliénation au travail (De Stefano, 2018); - Augmentation du ratio de traitement de cas complexes : risque d'intensification du travail (Benhamou et Janin, 2018); - Besoin en connaissances numériques et d'un regard critique sur la décision de l'algorithme : si les travailleurs ne comprennent pas le raisonnement de l'algorithme et qu'ils sont en désaccord avec la décision, cette situation peut avoir un impact négatif sur leur santé mentale (HSE, 2018); - Augmentation des tâches requérant des compétences sociales et de la gestion de cas complexes avec les patients : risque d'intensification du travail (Benhamou et Janin, 2018);
RECHERCHE	
Organismes de recherche en SST	Rien n'a été documenté;
Avenues de recherche identifiées dans la littérature	Besoin d'algorithmes pour expliquer les décisions des réseaux de neurones (Del Castillo, 2018). Ainsi, les travailleurs pourraient comprendre le raisonnement de l'algorithme (Stacey <i>et al.</i> , 2018b).

¹⁹ P. ex. : les infirmières spécialisées pourraient réaliser les analyses d'ECG (Benhamou et Janin, 2018)

²⁰ Possibilité de réduire les contacts avec les patients ou au contraire de les augmenter

²¹ Possibilité d'être chronophage ou au contraire de faire économiser du temps

3.3 Robotique autonome

Le tableau 4 présente les principales informations recensées sur la robotique autonome dans le secteur de la santé et des services sociaux.

Tableau 4. Résumé des résultats concernant la robotique autonome

Dans le tableau 4, les exemples sont fournis afin d'illustrer les propos et non à titre de recommandation d'utilisation. L'IRSST ne recommande aucune technologie en particulier.

CARACTÉRISTIQUES	
Contexte	- Amélioration constante des technologies de pointe, dont la robotique de service (Cresswell, Cunningham-Burley et Sheikh, 2018; Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles [INRS], 2016; Pipame, 2019) et réduction des coûts d'acquisition (Cresswell <i>et al.</i>, 2018; Sénat, 2017); - Pénurie de main-d'œuvre; - Plusieurs applications possibles dans le secteur de la santé (Sénat, 2017); - Augmentation des ventes de robots de service (Pipame, 2019);
Types de robots	Il existe plusieurs manières de classer les robots. Par exemple, Jocelyn <i>et al.</i> (2017) classent les robots en deux grandes catégories, soient les robots industriels (conventionnels et collaboratifs) et les robots de services. Cette dernière catégorie comprend : les robots de services personnel, les robots de service professionnels et les robots d'assistance à la personne (pour personne mobile; transport de personne; assistance physique – avec ou sans contention). Cresswell <i>et al.</i> (2018) dressent une liste de types de robots pouvant se retrouver dans le secteur de la santé (robots de service) : robots chirurgicaux; robots de téléprésence; robots compagnons; robots de thérapie cognitive; humanoïdes. L'autonomie de ces robots peut varier. Selon le Sénat (2017), l'autonomie d'un robot est déterminée par son niveau d'intégration de l'IA. Caractéristiques des robots dits intelligents (De Stefano, 2018) : - Acquièrent de l'autonomie grâce aux données échangées avec l'environnement et leur analyse; - Ont la capacité d'apprendre, de s'adapter et d'interagir avec leur environnement. Robots de service : « conçus pour assister et accompagner les humains, et s'occuper d'eux, en partageant leur environnement et en affichant un comportement intelligent basique pour accomplir des tâches qui leur sont affectées » (European Agency for Safety and Health at Work [EU-OSHA], 2015)
Objectif	Remplacer certaines tâches effectuées par des humains, dont les tâches de logistique, les tâches de précision et les tâches cognitives complexes (Cresswell <i>et al.</i>, 2018); Réduire les coûts d'exploitation du système de santé; Pallier le manque de main-d'œuvre (EU-OSHA, 2015; Papadopoulos <i>et al.</i>, 2018);
Exemples	Robot Da Vinci, intuitive surgical²² (Pipame, 2019; Benhamou et Janin, 2018); JustoCat²³; Paro²⁴ (Papadopoulos, Koulouglioti et Ali, 2018); Kompai²⁵ (Papadopoulos <i>et al.</i>, 2018); Robots autonomes pour le transport de matériel au CHUM²⁶;
Défis	Enjeux éthiques et d'acceptabilité : importance de la relation clinicien-patient et du développement de la relation de confiance (Savelle <i>et al.</i>, 2017; Turja <i>et al.</i>, 2018); préoccupation quant aux pertes d'emplois possibles; apparence du robot (à adapter selon les tâches à effectuer); les tâches exigeantes physiquement attribuées aux robots sont plus facilement acceptées (p. ex. : déplacement de patients) ainsi que le service de traduction pour les patients étrangers (Turja <i>et al.</i>, 2018); Préconiser une approche de complémentarité entre l'humain et le robot; préservation des rôles de l'humain (EU-OSHA, 2015).

²²<https://www.intuitive.com/en-us/products-and-services/da-vinci>; <http://www.hscm.ca/soins-et-services/les-soins-et-services-medicaux-chirurgicaux-psychiatriques-et-professionnels/c/chirurgie/robot-chirurgical-da-vinci/index.html>

²³<http://www.justocat.com/product/>

²⁴<http://www.parorobots.com/>

²⁵<https://kompairobotics.com/robot-kompai/>

²⁶https://quebec.huffingtonpost.ca/2018/07/16/avenir-du-travail-robots-chum_a_23483191/

Tableau 4. (suite) Résumé des résultats concernant la robotique autonome

Dans le tableau 4, les exemples sont fournis afin d'illustrer les propos et non à titre de recommandation d'utilisation. L'IRSST ne recommande aucune technologie en particulier.

TRAVAIL	
Activité de travail	Selon le NHS (2019), la robotique va modifier le travail du personnel médical dans les prochaines années. Aussi, Cresswell <i>et al.</i> (2018) prévoit que l'organisation du travail et sa répartition entre les intervenants se verront changées. - Limites pour la standardisation de l'automatisation : grande variabilité des activités dans les milieux de soins (et imprévus); - Pour pallier le manque de main-d'œuvre : tâches des infirmières robotisées; <i>chatbot</i>²⁷ pour le service client et la télémedecine (Benhamou et Janin, 2018); - À court terme : automatiser les tâches routinières (NHS, 2019); les travailleurs effectueront les tâches complexes; - Contact avec les patients : possibilité d'augmentation; - Évolution rapide des technologies et introduction en santé : besoin de nouvelles compétences et de formation pour les travailleurs (de Jong <i>et al.</i>, 2014; Del Castillo, 2018; Sénat, 2017);
SST	- Possibilité d'introduire de nouveaux enjeux SST (de Jong <i>et al.</i>, 2014); - Possibilité de réduire la surcharge de travail des intervenants (Sénat, 2017) et d'améliorer leurs conditions de travail (de Jong <i>et al.</i>, 2014); - Pour les infirmières et aide-soignantes : possibilité de diminuer la pénibilité physique et psychique (Benhamou et Janin, 2018); - Cohabitation humain-robot : risque de causer du stress chez les travailleurs (HSE, 2018); risque de déshumaniser le travail (Del Castillo, 2018); - Cyberattaque : risques de blessures causées par des robots (Del Castillo, 2018; Héry et Malenfer, 2018; INRS, 2016); - Tâches complexes attirées aux intervenants : risque d'intensifier le travail (Benhamou et Janin, 2018);
RECHERCHE	
Organismes de recherche en SST	Le HSE et le NIOSH ont identifié le secteur de la santé comme étant un secteur prometteur pour les robots (HSE, 2007; HSE, 2018; Murashov, Hearl et Howard, 2016; NIOSH, 2017); Suite à un projet de recherche financé par le PEROSH²⁸, la NFA a ciblé la robotique dans le secteur de la santé;
Avenues identifiées dans la littérature	- Besoin de recherche pour étudier les défis potentiels et conséquences possibles dans le secteur de la santé (Cresswell <i>et al.</i>, 2018; EU-OSHA, 2015); peu d'études sur les robots autonomes en santé (Savela <i>et al.</i>, 2017); - Aspects sociotechnologiques et psychosociaux : a fait l'objet de peu d'études dans ce secteur; ces enjeux vont varier selon le type de robot et le contexte culturel (Cresswell <i>et al.</i>, 2018; EU-OSHA, 2015); - Collaboration humain-robot dans le secteur de la santé (EU-OSHA, 2015) : peu d'études; - Dimension éthique (acceptabilité et confiance) : a fait l'objet de plusieurs études; - Développer des programmes de formation adaptés pour les travailleurs (EU-OSHA, 2015).

²⁷ Agents conversationnels : <https://www.chatbot.com/> ; <https://botdesign.net/>

²⁸ Concept of integration of ambient intelligence solutions for safety and health towards smart factories

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Comme expliqué précédemment, le secteur de la santé et des services sociaux occupe une part de plus en plus importante des emplois au Québec (Demers et Rabemananjara, 2019). Aussi, ce secteur fait face à des changements importants, cela autant au niveau démographique, organisationnel que technologique. Considérant ce dernier volet, de nombreuses organisations ont identifié l'IA et la robotique comme étant des technologies prometteuses pour ce secteur (Benhamou et Janin, 2018; MESI, 2016; Pipame, 2019; Sénat, 2017; Tran *et al.*, 2019). La veille scientifique effectuée a pu cibler trois catégories de technologies qui représentent un fort potentiel d'intégration dans ce secteur, soit les objets connectés (p. ex. : soins à distance), les outils d'aide à la décision (diagnostic et traitement) et la robotique autonome (assistance aux patients et au personnel médical).

4.1 Pourquoi intégrer des technologies utilisant l'IA dans le secteur de la santé et des services sociaux?

Plusieurs éléments encouragent les organisations du secteur de la santé et des services sociaux à intégrer l'IA. La veille scientifique a permis d'en identifier quelques-uns.

D'abord, comme ce secteur fait face à une rareté de main-d'œuvre, l'intégration d'interfaces utilisant l'IA vise, entre autres, à pallier cette pénurie. Par exemple, certaines tâches pourraient être effectuées par des robots autonomes, comme la prise des signes vitaux. Un article paru dans *Le Devoir* interrogeait le PDG du CHUM quant à l'utilisation de l'IA en santé (Gravel, 2019). Il a notamment donné en exemple les outils qui captent les signes vitaux des patients en temps réel et qui peuvent déceler des anomalies imperceptibles pour les humains. Ainsi, pendant que l'outil monitore le patient, le personnel soignant peut gérer des cas plus critiques. L'article rapporte un projet pilote du CHUM qui teste le triage autonome à l'urgence où son efficacité est comparée à celle des humains. Les patients doivent entrer leurs informations dans une machine qui déterminera ensuite leur place dans la file d'attente selon le degré de gravité associée à leur situation (Gravel, 2019). Aussi, les outils connectés, rendant possibles les consultations à distance, pourraient permettre aux intervenants à domicile de desservir un plus grand nombre de patients par quart de travail en retranchant le temps passé en déplacement (Benhamou et Janin, 2018; de Jong *et al.*, 2014; Sénat, 2017). Ces actions supporteraient aussi les transformations organisationnelles qui intègrent de plus en plus les modèles d'affaires des industries. Selon certains, elles pourraient améliorer l'efficacité des services offerts et réduire les coûts d'exploitation (Sénat, 2017). Un exemple souvent évoqué réfère à l'amélioration des services aux patients par la réduction de la durée de leur séjour en centre hospitalier ou par le raccourcissement des listes d'attentes pour consulter un spécialiste²⁹. Dans la même idée, la médecine tend de plus en plus vers une approche préventive et tente de s'éloigner de l'approche curative (de Jong *et al.*, 2014; Pipame, 2019). Les interfaces intelligentes pourraient assister les intervenants dans l'identification précoce des facteurs de risques de maladies. Cela pourrait éviter de surcharger le système de santé et participer à l'amélioration de la santé de la population. En plus, ces nouvelles technologies promettent d'agir à titre de support pour les intervenants en les accompagnant dans l'élaboration de diagnostics ou de plans de traitement (Benhamou et Janin, 2018). L'impact sur leur travail est détaillé dans la section 4.2.

²⁹ Les algorithmes peuvent analyser les données des patients et identifier si ceux-ci doivent consulter un spécialiste. Ainsi, ces derniers n'auraient pas à rencontrer tous les patients pour les évaluer. Ils pourraient rencontrer uniquement les patients qui ont une pathologie avérée (Gravel, 2019).

4.2 Impacts sur le travail

La littérature fait mention que tous les intervenants seront touchés par l'introduction de l'IA dans le secteur de la santé et des services sociaux (Benhamou et Janin, 2018).

Premièrement, l'introduction et l'évolution constante des technologies intégrant l'IA pourraient demander aux milieux de travail d'effectuer de la formation en continu (de Jong *et al.*, 2014; NHS, 2019; Sénat, 2017). Cette formation permettrait aux intervenants de développer de nouvelles compétences nécessaires à l'utilisation de ces nouveaux dispositifs. Aussi, la littérature recommande fortement que les travailleurs acquièrent des connaissances de base en IA afin de mieux comprendre le fonctionnement de leurs outils (Benhamou et Janin, 2018). Cela serait d'autant plus important dans un contexte où l'intervenant pourrait être imputable des erreurs commises (p. ex. : mauvais diagnostic) par la « machine » (Gravel, 2019). L'intervenant devrait être en mesure de comprendre la décision de l'algorithme et de la remettre en question si nécessaire (Benhamou et Janin, 2018; Del Castillo, 2018; NHS, 2019). Dans ce contexte, il devra toujours rester critique devant la décision de l'algorithme avant d'aller de l'avant.

L'IA pourrait revoir la répartition des tâches (Benhamou et Janin, 2018). Par exemple, des auteurs croient que certaines tâches effectuées par les médecins pourraient être transmises aux infirmières. Ils anticipent notamment que les interfaces réaliseront majoritairement les tâches cognitives simples et que les intervenants se verront réserver les tâches complexes (Benhamou et Janin, 2018; Cresswell *et al.*, 2018). Aussi, certains ajoutent que les intervenants pourraient avoir à réaliser davantage de tâches nécessitant des compétences sociales puisque les interfaces autonomes risquent d'être moins habiles à ce niveau.

Un élément important des transformations du travail fait aussi référence à la disponibilité des informations sur les patients. Les différents dispositifs intégrant l'IA auront besoin de beaucoup de données pour être efficaces, dont les données sur les patients³⁰. Ces dernières pourraient être entreposées de manière électronique (p. ex. : infonuagique) ce qui les rendrait plus accessibles pour les différents intervenants œuvrant auprès des mêmes patients. En plus de participer à l'amélioration de l'efficacité des algorithmes, les auteurs prévoient que cela améliorera la circulation d'information entre les intervenants et conséquemment améliorera leur collaboration (Benhamou et Janin, 2018; de Jong *et al.*, 2014; Rouleau *et al.*, 2017). Ainsi, ces éléments sont des exemples qui portent les chercheurs à croire que ces dispositifs intelligents pourraient soutenir les intervenants et améliorer la prise en charge des patients.

4.3 Impacts sur la sst

Les transformations du travail anticipées pourraient avoir plusieurs impacts sur la SST. Premièrement, la quête vers des services de santé plus performants, comme la réduction du temps de séjour en centre hospitalier, la réduction du temps d'attente et l'augmentation du nombre de consultations par jour, pourrait intensifier le travail des intervenants. À cela s'ajouterait les risques de surcharge cognitive³¹ qui pourraient survenir dû à la grande quantité d'information qu'auraient à traiter les intervenants (p. ex. : grande quantité de données sur les patients). En plus, si ces derniers se voient réserver les tâches complexes, cette surcharge pourrait se voir exacerbée.

³⁰ Des projets en cours au Québec se concentrent sur l'utilisation des données numériques en santé. Pour plus d'information, le lecteur peut consulter l'annexe 2.

³¹ Charge cognitive : réfère à la part des ressources cognitives (ou mentales) requises pour réaliser une tâche (p. ex. : capacité à mémoriser de l'information)

Il est aussi possible de voir émerger une surcharge qualitative³² liée à l'évolution constante des dispositifs et l'écart entre les compétences actuelles des intervenants et celles nécessaires pour leur utilisation. Comme énoncé dans la section précédente, les intervenants devraient être en mesure de déceler les erreurs effectuées par les algorithmes, car les machines pourraient ne pas être imputables. Aussi, certains auteurs prévoient un effet d'habitation lié à l'utilisation régulière de ces outils intelligents (NHS, 2019). Conséquemment, les intervenants risqueraient de perdre la capacité de réaliser aisément certaines tâches sans l'aide du dispositif. Ces cas de figure soulignent l'importance d'offrir de la formation en continu aux intervenants et ainsi de participer à réduire les impacts négatifs sur leur santé. Toutefois, les dispositifs pourraient aussi avoir des impacts positifs sur la santé des travailleurs en réduisant la surcharge qualitative et cognitive, notamment en agissant comme support à la prise de décision.

La déshumanisation du travail pourrait aussi être une préoccupation importante (Del Castillo, 2018). Premièrement, les intervenants en santé ont à cœur le contact avec les patients. S'ils ne viennent plus qu'à avoir des contacts virtuels avec les patients, il se pourrait qu'il y ait des effets négatifs sur leur santé mentale. Cela serait encore plus criant si ces intervenants se voyaient complètement coupés des échanges avec les patients.

Au niveau physique, il y a possibilité que les robots autonomes prennent en charge les tâches exigeantes physiquement, comme les déplacements de patients (Benhamou et Janin, 2018). Toutefois, l'acceptabilité de ces robots par les patients peut représenter un frein à leur utilisation. Aussi, la possibilité d'intensification du travail pourrait augmenter les risques biomécaniques (p. ex. : troubles musculosquelettiques). Par exemple, les intervenants pourraient être obligés de réaliser les déplacements de patients rapidement à cause de leur charge de travail, ce qui pourrait augmenter leurs risques de blessures (p. ex. : hernie discale).

Finalement, certains enjeux éthiques pourraient avoir un impact sur la santé psychologique des intervenants. Par exemple, si un outil d'aide à la décision propose un plan de traitement qui va à l'encontre de ce que l'intervenant aurait proposé, cela peut créer un conflit éthique professionnel chez l'intervenant. Cela peut être exacerbé s'il ne comprend pas comment l'algorithme en est venu à sa décision. C'est d'ailleurs une situation vécue au Québec et décrite par l'Alliance du personnel professionnel et technique de la santé et des services sociaux (APTS). L'annexe 2 présente le cas de l'outil de cheminement clinique informatisé qui préoccupe les intervenants à domicile.

Considérant que le secteur de la santé et des services sociaux est celui qui présente le plus haut taux de lésions professionnelles, des études quant à l'impact sur la SST des technologies identifiées sont nécessaires (outils connectés, outil d'aide au diagnostic et au traitement et la robotique autonome).

4.4 Défis

Quelques défis et limites à l'implantation des technologies utilisant l'IA ont été identifiés. Voici les principaux :

1. Variabilité et imprévus dans l'activité de travail des intervenants en santé

Le travail des intervenants en santé est caractérisé par une forte variabilité au niveau des tâches, de l'environnement, des patients, etc. À cela s'ajoute la survenue de nombreux imprévus

³² Charge qualitative : réfère au type de compétences requises pour réaliser une tâche

obligeant les intervenants à revoir la planification de leurs tâches régulièrement. Ainsi, la barre est haute en ce qui a trait au développement de l'IA en santé (p. ex. : robots autonomes) pour réussir à bien fonctionner dans ce contexte. Si cela est possible, les algorithmes auront besoin de périodes d'apprentissages longues.

2. Accessibilité aux données

Pour bien fonctionner, l'IA basée sur les réseaux de neurones a besoin d'une très grande quantité de données numériques (p. ex., pour l'analyse d'images). La capacité de prédiction de l'algorithme déterminera aussi la quantité de données nécessaires. Ces données doivent être facilement accessibles pour être utilisées par les algorithmes. Selon le ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec (2019), les données sont souvent dispersées entre plusieurs intervenants de la santé (pharmacien, médecin, kinésiologie, etc.). Pour en faciliter l'utilisation, celles-ci gagneraient à être centralisées. Au Québec, des actions sont prises pour faciliter leur accès³³.

3. Sécurité des données

La collecte, l'utilisation et le stockage des données numériques sur les patients les rendent vulnérables à des attaques informatiques. Dans ce contexte, la cybersécurité devra être renforcée dans les centres de soins afin d'assurer aux patients la confidentialité de leurs données³⁴.

4. Relation de soin et acceptabilité des technologies

Dans le secteur de la santé, la relation de soin entre l'intervenant et le patient est au cœur de la pratique. L'établissement d'une relation de confiance entre ces deux acteurs est essentielle. Ainsi, il sera important de préserver cette relation malgré l'intégration de l'IA. Cela pourrait faciliter l'acceptabilité des technologies par les intervenants et les patients.

5. Approche de complémentarité

Plusieurs auteurs encouragent une approche de complémentarité entre l'IA et l'humain où l'IA vient augmenter les capacités des intervenants en santé (EU-OSHA, 2015). Dans ce contexte, l'intelligence humaine ne sera pas remplacée par l'humain. Cela pourrait notamment faciliter l'acceptabilité des technologies par les intervenants.

³³ Exemples d'actions au Québec : Dossier santé Québec (<https://www.quebec.ca/sante/vos-informations-de-sante/dossier-sante-quebec/>), PARS3 : plateforme apprenante pour la recherche en santé et services sociaux au Québec (<http://griis.ca/pars3/>)

³⁴ À noter : la France a adopté le Règlement européen sur la protection des données personnelles (REPD) – entré en vigueur le 15 mai 2018. Pour plus d'information : <https://www.cnil.fr/comprendre-le-rgpd>

RÉFÉRENCES

- Accenture (2018). *Intelligent healthcare: The race to reinvent healthcare*. Tiré de <https://www.accenture.com/acnmedia/PDF-82/Accenture-intelligent-healthcare-solutions.pdf#zoom=50>
- Azeredo, A. C. (2018). La mortalité et l'espérance de vie au Québec en 2017. *Coup d'œil sociodémographique Institut de la statistique du Québec*, 66.
- Benhamou, S. et Janin, L. (2018). *Intelligence artificielle et travail*. Tiré de https://www.strategie.gouv.fr/sites/strategie.gouv.fr/files/atoms/files/fs-rapport-intelligence-artificielle-28-mars-2018_0.pdf
- Charlet, J. et Bringay, S. (2020). *Intelligence artificielle et santé : une analyse rétrospective depuis 2010*. Communication présentée aux 30^e Journées francophones d'ingénierie des connaissances, Toulouse, France (p. 26-42). Tiré de <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02329573/document>
- Cohen, R. I. (2018). Lean methodology in health care. *Chest*, 154(6), 1448-1454. doi: 10.1016/j.chest.2018.06.005
- Comité sénatorial permanent des affaires sociales, des sciences et de la technologie. (2012). *Un changement transformateur s'impose : un examen de l'Accord sur la santé de 2004*. Ottawa, ON: Sénat du Canada.
- Comité sénatorial permanent des affaires sociales, des sciences et de la technologie. (2016a). *L'obésité au Canada : une approche pansociétale pour un Canada en meilleure santé*. Ottawa, ON: Sénat du Canada.
- Comité sénatorial permanent des affaires sociales, des sciences et de la technologie. (2016b). *La démence au Canada : une stratégie nationale pour un Canada sensible aux besoins des personnes atteintes de démence*. Ottawa, ON: Sénat du Canada.
- Comité sénatorial permanent des affaires sociales, des sciences et de la technologie. (2017). *Défi en vue : intégrer les technologies de la robotique, de l'intelligence artificielle et de l'impression en 3D dans les systèmes canadiens de soins de santé*. Ottawa, ON: Sénat du Canada.
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2017). *Planification pluriannuelle en prévention-inspection 2017-2019*. Tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/1000/Documents/DC1000-245web.pdf>
- Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail. (2018). *Statistiques annuelles 2017*. Tiré de <https://www.cnesst.gouv.qc.ca/Publications/200/Documents/DC200-1046web.pdf>
- Cresswell, K., Cunningham-Burley, S. et Sheikh, A. (2018). Health care robotics: Qualitative exploration of key challenges and future directions. *Journal of Medical Internet Research*, 20(7). doi: 10.2196/10410
- de Jong, T., Bos, E., Pawlowska-Cypriak, K., Hildt-Ciupińska, K., Malińska, M., Nicolescu, G. et Trifu, A. (2014). *Current and emerging issues in the healthcare sector, including home and community care*. Luxembourg, Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work.
- De Stefano, V. (2018). *Negotiating the algorithm: Automation, artificial intelligence and labour protection* (Rapport n° 246). Genève, Suisse: ILO.
- Del Castillo, A. P. (2018). Quand l'intelligence artificielle redistribue les cartes du monde du travail. *Notes de prospective*, (5). Tiré de <https://www.etui.org/fr/Publications2/Notes-de-prospective/Quand-l-intelligence-artificielle-redistribue-les-cartes-du-monde-du-travail>
- Demers, M.-A. et Rabemananjara, J. (2019). *État du marché du travail au Québec : bilan de l'année 2018*. Québec, QC: ISQ.

- Dilhac, M.-A., Abrassart, C. et Voarino, N. (2018). *Rapport de la déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle*. Tiré de https://docs.wixstatic.com/ugd/ebc3a3_d806f109c4104c91a2e719a7bef77ce6.pdf
- European Agency for Safety and Health at Work. (2015). *Perspectives sur le travail de demain : la robotique*. Tiré de <https://osha.europa.eu/fr/tools-and-publications/publications/future-work-robotics>
- Gravel, P. (10 juin 2019). L'intelligence artificielle à la rescousse du système de santé. *Le Devoir*. Tiré de <https://www.ledevoir.com/societe/science/556361/l-intelligence-artificielle-a-la-rescousse-du-systeme-de-sante>
- Health and Safety Executive. (2007). *HSE Horizon scanning intelligence group short report: Robot realities*. Tiré de <http://www.hse.gov.uk/horizons/assets/documents/robotrealities.pdf>
- Health and Safety Executive. (2018). *The future world of work and workplace health*. Tiré de <http://www.hse.gov.uk/horizons/assets/documents/foresight-report-2018.pdf>
- Héry, M. et Malenfer, M. (2018). Évolution des modes de production et risques professionnels : un état des lieux de la veille en 2017. *Hygiène et sécurité du travail*, 252, 108-115. Tiré de <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=VP%2020>
- Houle, L., Bareil, C., Gosselin, A. et Jobin, M.-H. (2015). Le déploiement du lean santé au Québec en mode agile. *Question(s) de management*, 10(2), 45-64. doi: 10.3917/qdm.152.0045
- Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail. (2018). *Plan quinquennal de production scientifique et technique 2018-2022*. Tiré de <https://www.irsst.qc.ca/Portals/0/upload/5-institut/Plan/plan-quinquennal-2018-2022.pdf>
- Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles. (2016). *Modes et méthodes de production en France en 2040 : quelles conséquences pour la santé et la sécurité au travail?* Tiré de <http://www.inrs.fr/dms/inrs/CataloguePapier/ED/TI-VEP-3/v3.pdf>
- Jocelyn, S., Burlet-Vienney, Giraud, L. et Sghaier, A. (2017). *Robotique collaborative : évaluation des fonctions de sécurité et retour d'expérience des travailleurs, utilisateurs et intégrateurs au Québec* (Rapport n° R-974). Montréal, QC: IRSST.
- Ministère de l'économie, de la science et de l'innovation du Québec. (27 mai 2019). Les healthtechs pour un système de santé plus efficace : comment y arriver? [Billet de blogue]. Tiré de https://www.economie.gouv.qc.ca/objectifs/informer/vecteurs/vecteurs-details/?prov=rss&tx_ttnews%5Btt_news%5D=23685&cHash=749e4ae566f8643b846588e17926f6c0
- Ministère de l'économie, de la science et de l'innovation du Québec. (2016). *Plan d'action en économie numérique : pour l'excellence numérique des entreprises et des organisations québécoises*. Tiré de https://www.economie.gouv.qc.ca/fileadmin/contenu/documents_soutien/strategies/economie_numerique/paen.pdf
- Murashov, V., Hearl, F. et Howard, J. (2016). Working safely with robot workers: Recommendations for the new workplace. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 13(3), D61-D71. doi: 10.1080/15459624.2015.1116700
- National Health Services. (2019). *Preparing the healthcare workforce to deliver the digital future*. Tiré de <https://topol.hee.nhs.uk/wp-content/uploads/HEE-Topol-Review-2019.pdf>
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2017). *Robotic: Research needs*. Tiré de <https://www.cdc.gov/niosh/topics/robotics/research.html>
- Organisation de coopération et de développement économiques. (2018). *OECD Labour Force Statistics 2018*. Tiré de https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/oecd_ifs-2018-en
- Papadopoulos, I., Koulouglioti, C. et Ali, S. (2018). Views of nurses and other health and social care workers on the use of assistive humanoid and animal-like robots in health and social

- care: A scoping review. *Contemporary Nurse*, 54(4-5), 425-442. doi: 10.1080/10376178.2018.1519374
- Pôle interministériel de prospective et d'anticipation des mutations économiques. (2019). *Intelligence artificielle : état de l'art et perspectives pour la France, rapport final*. Ivry sur Seine, France: PIPAME. Tiré de https://www.entreprises.gouv.fr/files/files/directions_services/etudes-et-statistiques/prospective/Intelligence_artificielle/2019-02-intelligence-artificielle-etat-de-l-art-et-perspectives.pdf
- Porter, I. et Bélair-Cirino, M. (30 avril 2019). Plus de 60 000 travailleurs de la santé recherchés. *Le Devoir*. Tiré de <https://www.ledevoir.com/politique/quebec/553217/mot-cle-besoin-de-60-000-travailleurs-de-la-sante-d-ici-5-ans>
- Rouleau, G., Gagnon, M. P., Cote, J., Payne-Gagnon, J., Hudson, E. et Dubois, C. A. (2017). Impact of information and communication technologies on nursing care: Results of an overview of systematic reviews. *Journal of Medical Internet Research*, 19(4). doi: 10.2196/jmir.6686
- Savela, N., Turja, T. et Oksanen, A. (2017). Social acceptance of robots in different occupational fields: A systematic literature review. *International Journal of Social Robotics*, 10(493). doi: 10.1007/s12369-017-0452-5
- Scheen, A. (2012). Les maladies chroniques complexes : du nouveau paradigme médical au gigantesque défi sociétal. *Revue médicale suisse*, 8(351), 1579-1580. Tiré de <https://www.revmed.ch/RMS/2012/RMS-351/Les-maladies-chroniques-complexes.-Du-nouveau-paradigme-medical-au-gigantesque-defi-societal>
- Stacey, N., Bradbrook, S., Ellwood, P., Reynolds, J., Williams, A., Ravetz, J., . . . Palmer, K. (2018a). *Foresight of new and emerging occupational safety and health risks associated with information and communications technologies*. Communication présentée à la 9th International conference on safety of industrial automated systems, Nancy, France (p. 6-12). Tiré de <http://www.inrs-sias2018.fr/upload/Proceedings%20SIAS2018.pdf>
- Stacey, N., Ellwood, P., Bradbrook, S., Reynolds, J., Ravetz, J., Williams, H. et Lye, D. (2018b). *Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with digitalisation by 2025: European risk observatory, summary*. Luxembourg, Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work.
- Statistique Canada. (2015). *Enquête sur l'emploi, la rémunération et les heures de travail*. Ottawa, ON: Statistique Canada
- Tang, A., Tam, R., Cadrin-Chênevert, A., Guest, W., Chong, J., Barfett, J., . . . Shabana, W. (2018). Canadian Association of Radiologists white paper on artificial Intelligence in radiology. *Canadian Association of Radiologists Journal*, 69(2), 120-135. doi: 10.1016/j.carj.2018.02.002
- Touchette, A. (5 novembre 2018). Les algorithmes provoquent un malaise dans les services sociaux. *Société Radio-Canada*. Tiré de <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1134036/soins-domicile-algorithmes-questionnaire-malaises-services-sociaux>
- Tran, B. X., Vu, G. T., Ha, G. H., Vuong, Q.-H., Ho, M.-T., Vuong, T.-T., . . . Nguyen, H. L. T. (2019). Global evolution of research in artificial intelligence in health and medicine: A bibliometric study. *Journal of Clinical Medicine*, 8(3), 360. Tiré de <https://www.mdpi.com/2077-0383/8/3/360>
- Turja, T., Van Aerschot, L., Särkikoski, T. et Oksanen, A. (2018). Finnish healthcare professionals attitudes towards robots: Reflections on a population sample. *Nursing Open*, 5(3), 300-309. doi: 10.1002/nop2.138

ANNEXE 1 : APERÇU DES MOTS CLÉS UTILISÉS POUR LA RECHERCHE DOCUMENTAIRE

THÈMES	MOTS CLÉS (ET LEURS ÉQUIVALENTS EN ANGLAIS)
Intelligence artificielle	- Intelligence artificielle - Réseau de neurones - Apprentissage automatique - Apprentissage profond - Algorithme - Apprentissage machine - Aide au diagnostic
Secteur de la santé et des services sociaux	- Santé et services sociaux - Santé - Services sociaux - Patient
Travail	- Travail - Travailleur - Hôpital - Soins à domicile - Relation de soins - Employés - Professionnel - Personnel - Établissement de soins
Santé et sécurité au travail (SST)	- Santé - Accidents - Lésions professionnelles - Santé psychologique / mentale - Santé physique / troubles musculosquelettiques / TMS

Des combinaisons des mots clés ont été faites selon les bases de données sondées.

ANNEXE 2 : LE CAS DE L'OUTIL DE CHEMINEMENT CLINIQUE INFORMATISÉ (OCCI)

SYNTHÈSE DES INFORMATIONS CONCERNANT L'UTILISATION DE L'OUTIL DE CHEMINEMENT CLINIQUE INFORMATISÉ (OCCI) DANS LE SECTEUR DE LA SANTÉ ET DES SERVICES SOCIAUX DU QUÉBEC	
Déploiement	Novembre 2017
Où	Province de Québec
Initiateur	Ministère de la Santé et des Services sociaux
Type de technologie	Outil d'aide à la décision intégrant l'IA
Type d'interface	Questionnaire numérique - Longueur : 50 pages - Temps de complétion : 2 à 6 heures (selon la complexité du cas)
Utilisateur	Intervenants en santé (travailleurs sociaux, ergothérapeutes, etc.)
Clientèle	Patients suivis à domicile (types de clientèles et troubles diversifiés)
Rôle de l'outil	Évaluation des besoins des patients et de leurs proches pour proposer d'un plan d'intervention adapté (généré par un algorithme)
Enjeux soulevés par les intervenants³⁵	- Aucune flexibilité dans l'ordre des questions à poser : n'est pas compatible avec le caractère dynamique et variable des conversations entre intervenant et patient, ni avec des patients qui ont de la difficulté à s'exprimer; - Longueur du questionnaire : ne prends pas en compte les besoins de certains patients, comme ceux qui ont de la difficulté à se concentrer sur une longue période; - Interface créant une barrière entre l'intervenant et le patient : entrave à l'attitude d'ouverture et d'écoute nécessaire à la relation intervenant-patient; limite les contacts visuels; nuis à l'établissement de la relation de confiance (augmenté par la durée requise pour remplir le questionnaire); - Résultats de l'enquête de l'Alliance du personnel professionnel et technique de la santé et des services sociaux (APTS) : - 56 % des répondants estiment que l'outil altère leur jugement clinique; crée des dilemmes d'éthique professionnelle (jugement clinique); - La moitié des répondants croit que la synthèse produite ne répond pas suffisamment bien aux besoins des patients; - Si présence de désaccord entre le résultat de l'algorithme et le jugement clinique de l'intervenant : perte de temps liée à la double analyse du dossier; - Augmentation du temps passé à faire des tâches administratives et réduction du temps passé auprès des patients; - Conséquence : surcharge de travail.
Autres enjeux soulevés (Touchette, 2019)	Déshumanisation de la relation de soin : l'algorithme n'est pas en mesure de capter la dimension sociale et émotionnelle dans la relation de soin; il considère le patient comme un objet;
Point de vue du Ministère (Touchette, 2019)	- Les intervenants sont accompagnés dans l'intégration et l'utilisation de l'outil; - Augmentation du temps passé avec les patients; - Facilite la coordination entre les différents acteurs qui interviennent auprès d'un même patient et de ses proches; - Augmentation de l'efficacité du travail des intervenants; - Production de statistiques pour améliorer les services.

³⁵ Tiré de l'article de Touchette (2019) et de l'enquête de l'APT auprès de 1 000 intervenants sur l'impact de l'OCCI (<https://www.aptsg.com/fr/occi.aspx> ; https://www.aptsg.com/fr/nouvelle/sondage-occi-les-resultats-partages-en-haut-lieu_5406.aspx?id_page_parent=12666); <http://extranetcemtl.cemtl.rtss.qc.ca/index.php?id=2848>