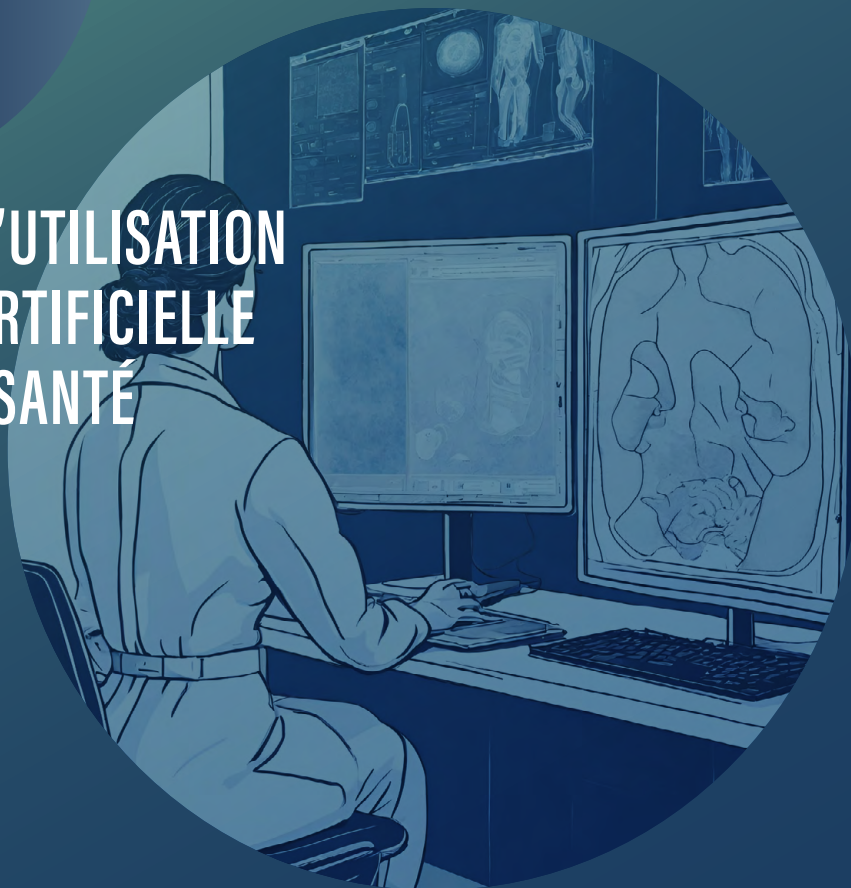


PRIMUM NON NOCERE

PERSPECTIVES SUR L'UTILISATION
DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE
DANS LE RÉSEAU DE SANTÉ
QUÉBÉCOIS



MÉMOIRE RÉDIGÉ DANS LE CADRE DE LA
JOURNÉE D'ACTION POLITIQUE 2024

COMITÉ DE RÉDACTION

Direction et révision

MAXENCE PELLETIER-LEBRUN

Étudiant de deuxième année en médecine, Université de Sherbrooke (Campus Sherbrooke)
Délégué aux affaires politiques, Fédération médicale étudiante du Québec

MATHILDE LAVOIE

Étudiante de quatrième année en médecine, Université Laval (Campus Québec et Lévis)
Secrétaire générale, Fédération médicale étudiante du Québec

Mise en page

CHRISTINA FAYAD

Étudiante de deuxième année en médecine, Université de Montréal (Campus Mauricie)
Déléguée aux communications, Fédération médicale étudiante du Québec

Publié le 16 avril 2024

Fédération médicale étudiante du Québec

630 rue Sherbrooke Ouest, Bureau 510 Montréal, Québec

Pour toutes questions ou commentaires concernant le mémoire, veuillez contacter la Fédération médicale étudiante du Québec au courriel suivant : politique@fmeq.ca

COMITÉ DE RÉDACTION

Rédaction

ZOË CHABOT

Étudiante de première année en médecine, Université de Montréal (Campus Montréal)
Représentante académique du préclinique, Association des Étudiantes et Étudiants de l'Université de Montréal (Campus Montréal)

JÉRÔME COSTISELLA

Étudiant de troisième année en médecine, Université de Sherbrooke (Campus Sherbrooke)

CHRISTINA FAYAD

Étudiante de deuxième année en médecine, Université de Montréal (Campus Mauricie)
Délégué aux communications, Fédération médicale étudiante du Québec

GEORGE GERARDIS

Étudiant de quatrième année en médecine, Université McGill (Campus Montréal)
Administrateur, Fédération médicale étudiante du Québec

SIRINE GUETITI

Étudiante de troisième année en médecine, Université McGill (Campus Montréal)
Vice-présidente aux affaires externes, Medical Students' Society (Campus Montréal)

FELICIA HARVEY

Étudiante de deuxième année en médecine, Université de Montréal (Campus Montréal)
Représentante du journal étudiant « Le pouls », Association des Étudiantes et Étudiants en Médecine de l'Université de Montréal (Campus Montréal)

LING JING (SUMMER) LI

Étudiante de deuxième année en médecine, Université de Sherbrooke (Campus Saguenay)

EMANUEL LOUIS

Étudiant de troisième année en médecine, Université de Montréal (Campus Montréal)
Président, Association des Étudiantes et Étudiants de l'Université de Montréal (Campus Montréal)

DORSAI RANJBARI

Étudiante de quatrième année en médecine, Université McGill (Campus Montréal)

ÉTIENNE SAINT-AUBIN

Étudiant de quatrième année en médecine, Université de Sherbrooke (Campus Moncton)
Président de l'Association Générale Étudiante de Médecine de l'Université de Sherbrooke (Campus Moncton)

TEJESHWER SINGH

Étudiant de deuxième année en médecine, Université de Montréal (Campus Mauricie)
Délégué aux affaires externes, Fédération médicale étudiante du Québec

TABLE DES MATIÈRES

Comité de rédaction	2
Table des matières	4
À propos de la FMEQ	5
Introduction	6
Implémentations actuelles et futures de l'intelligence artificielle en santé	7
L'intelligence artificielle en bref	7
L'intelligence artificielle dans le réseau de la santé québécois	8
Utilisation dans le cursus médical	10
La transition numérique et ses enjeux	12
L'intelligence artificielle au temps du fax	12
Sécurité des données	13
Enjeux sécuritaires, légaux et éthiques de l'intelligence artificielle	15
Cadre législatif et réglementation canadienne	15
Accès aux données, relation de confiance et éthique	17
Financement de l'intelligence artificielle	19
Recommandations	20
Bibliographie	22

À PROPOS DE LA FMEQ

La Fédération médicale étudiante du Québec (FMEQ) a été fondée par les quatre associations médicales étudiantes du Québec, soit l'Association générale étudiante de médecine de l'Université de Sherbrooke (AGÉMUS), le Medical Students' Society (MSS) de l'Université McGill, le Regroupement des étudiants en médecine de l'Université Laval (RÉMUL) et l'Association des Étudiantes et Étudiants en Médecine de l'Université de Montréal (AÉÉMUM) en 1974.

Sa principale mission est de représenter les quatre associations médicales du Québec, regroupant plus de 4400 membres, en une seule voix unie et puissante. La FMEQ a aussi pour rôle de défendre et de promouvoir les intérêts collectifs des étudiants en médecine du Québec en matière pédagogique, politique et sociale.

Le présent mémoire est publié dans le cadre de la Journée d'action politique de la FMEQ, qui fête cette année sa dixième édition. Il s'agit d'une journée de discussions et de rencontres à l'Assemblée nationale ayant comme but de sensibiliser les décideurs publics aux enjeux de santé touchant la population québécoise, le système de santé et les étudiants en médecine.

Ces dernières années, la FMEQ s'est entre autres penchée sur la valorisation de la médecine familiale et de la médecine en région, la planification des effectifs médicaux et la privatisation des services de santé.



INTRODUCTION

1968 marque l'année de sortie de « 2001 : l'Odyssée de l'espace », qui comme tout bon film de science-fiction, tente de prédire ce que l'avenir réserve pour l'humanité. Si la colonisation lunaire et le voyage interplanétaire demeurent des rêves lointains, les progrès technologiques récents pourraient bien faire de HAL 9000 – la mythique intelligence artificielle (IA) du film – une réalité d'ici seulement quelques années.

Les avancées rapides en intelligence artificielle attirent l'attention des décideurs publics, qui y perçoivent un outil essentiel pour améliorer l'efficacité de structures existantes, notamment le réseau de la santé. Dans un contexte de pénurie de médecins et d'accès difficile à la première ligne, celle-ci peut paraître une rare porte de sortie à des problèmes complexes. Si la hausse des admissions en médecine – qui fait l'objet de notre autre mémoire – atténuera ces difficultés, elle ne prendra toutefois son plein effet que dans plusieurs années. L'intelligence artificielle peut pour sa part se réclamer d'une implémentation rapide.

Aux nombreuses promesses qui sont faites au nom de l'IA dans le domaine médical, il nous semble nécessaire d'apporter un peu de prudence et de sobriété, sans toutefois tomber dans un pessimisme technologique contre-productif. Les projets d'intelligence artificielle actuellement

menés dans le réseau de santé québécois s'inscrivent pour plusieurs dans une perspective d'investissement d'abord, et non de pertinence et d'efficacité clinique. Des difficultés se présentent également dans leur intégration aux systèmes informatiques des établissements de santé, qui sont pour plusieurs vétustes; pour chaque centre hospitalier qui implémente aujourd'hui un projet d'IA, il en existe un autre qui utilise encore le fax. Alors qu'à l'international, l'on reconnaît Montréal comme la capitale mondiale de l'IA, nos systèmes informatiques demeurent prisonniers du 20^e siècle, ce qui constitue un paradoxe.

Le but de la FMEQ n'est pas de détailler les enjeux techniques de l'intelligence artificielle; d'autres acteurs plus qualifiés le feront. Notre objectif est plutôt d'inscrire le débat sur l'intelligence artificielle dans un contexte social plus large, qui prend en compte divers éléments comme l'efficacité clinique, la transition numérique et son financement. Nous devons profiter du fait que le développement de cette technologie soit relativement peu avancé pour réfléchir en amont aux enjeux sécuritaires, éthiques et légaux qu'elle soulève. À ce titre, le présent mémoire se veut un début de conversation, que nous concluons avec une série de recommandations afin que l'intelligence artificielle s'enracine dans le réseau de la santé de manière harmonieuse.

IMPLÉMENTATIONS ACTUELLES ET FUTURES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN SANTÉ

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN BREF

L'intelligence artificielle (IA) naît dans les années 50, mais connaît son premier vrai succès en 1997 lorsque *Deep Blue*, une IA conçue par IBM, gagne aux échecs contre le grand maître Garry Kasparov [1]. La même année, la compagnie *Dragons Systems* met sur pied le premier système de reconnaissance vocale, technologie maintenant répandue dans le monde médical [2]. Le développement de l'IA s'accélère à nouveau au début des années 2010; le développement de nouvelles méthodes telles l'apprentissage profond et l'IA générative lui ouvrent de nouvelles sphères d'application telles la suggestion de contenu, la reconnaissance d'images et plus récemment, les IA conversationnelles comme *ChatGPT*. L'IA s'est depuis étendue dans de nombreuses sphères de nos vies, et plusieurs considèrent que le domaine de la santé constitue sa prochaine frontière. Pour mieux évaluer les possibilités et les limites que l'IA affiche dans ce domaine, quelques considérations techniques s'imposent.

L'intelligence artificielle n'est pas une technologie unique, mais bien un ensemble d'approches et de méthodes informatiques variées. Si certains rêvent d'une intelligence artificielle dite « généraliste » – c'est-à-dire capable d'intégrer la majorité des aspects de l'intelligence humaine – celle-ci demeure circonscrite au domaine de la science-fiction. Les IA existantes peuvent en effet seulement réaliser des tâches spécifiques, tels la résolution de problèmes, la reconnaissance vocale et l'apprentissage automatique [3].

Quoique certaines IA, dont *ChatGPT*, impressionnent par leur polyvalence, il demeure que celles-ci ont une tâche donnée à accomplir : elles doivent, à partir d'une séquence de caractères fournie par un utilisateur – une question – prédire une séquence de caractères appropriée dans le

contexte – une réponse. Ce type d'intelligence artificielle se nomme traitement du langage naturel, ou *natural language processing (NLP)*. Il peut interpréter la sémantique et la syntaxe du langage humain, puis prédire et générer du contenu conséquent [1]. Il s'agit d'une méthode bien implémentée dans plusieurs secteurs; dans le domaine de la santé, elle est notamment utilisée pour faciliter la dictée des rapports de divers spécialistes, dont les radiologistes [4].

LA MAJORITÉ DES DONNÉES SUR LESQUELLES S'ENTRAÎNE L'IA SONT RÉDIGÉES EN LANGUE ANGLAISE, ET DES EFFORTS SUPPLÉMENTAIRES DOIVENT ÊTRE FAITS POUR IMPLÉMENTER CES TECHNOLOGIES DANS UN SYSTÈME FRANCOPHONE

Ce qui explique les résultats impressionnants de *ChatGPT* n'est pas tant une méthode informatique novatrice, mais plutôt la quantité pharaonique de données sur lesquelles le modèle de langage a été entraîné, soit plusieurs trillions de sources individuelles [5]. Un bassin de données important et représentatif, s'il n'est pas garant du succès d'une intelligence artificielle, en est toutefois une caractéristique obligatoire. Une implémentation réussie de l'IA demande donc que les bassins de données utilisés soient scrutés de façon rigoureuse. Un enjeu propre au traitement de langage est par ailleurs celui de la langue; la majorité des données sur lesquelles s'entraîne l'IA sont rédigées en langue anglaise, et des efforts supplémentaires doivent être

faits pour implémenter ces technologies dans un système francophone [1] [6].

Un deuxième type d'intelligence artificielle qui intéresse les décideurs en santé est l'apprentissage machine (*machine learning*). Pour faciliter l'explication de ce type d'IA, utilisons une de ses implémentations réelles, soit l'analyse d'images en radiologie. Dans un premier lieu, une base de données est créée, qui contient à la fois les données que l'IA doit analyser et des étiquettes, qui correspondent aux résultats que l'IA doit renvoyer. Une base de données pourrait par exemple être créée à partir de radiographies pulmonaires; les étiquettes correspondraient alors au diagnostic associé à chaque image, disons une pneumonie. L'entraînement peut alors commencer. Des centaines d'algorithmes avec des paramètres aléatoires sont générés, et chacun tente d'associer une étiquette (un diagnostic) aux images radiologiques qui lui sont fournies. Dans un processus s'apparentant à la sélection naturelle, les algorithmes ayant effectué les meilleures associations sont conservés. Répétez ce processus des milliers de fois et vous obtiendrez un algorithme capable d'associer un diagnostic aux images radiologiques qui lui sont fournies. En théorie, du moins.

L'algorithme produit par l'IA ne sera en effet compétent que dans le domaine où il a été entraîné. Si l'IA est confrontée à un diagnostic qui ne figurait pas dans sa base de données initiale, elle n'aura aucun moyen de poser ledit diagnostic. Avant d'être implémentés dans le système de santé, les algorithmes d'intelligence artificielle doivent donc être entraînés sur des quantités de données massives, autrement ils commettront fatalement des erreurs. Pour revenir à l'exemple des images radiologiques, une IA devra ainsi avoir dans sa base des données des centaines d'images pour chaque diagnostic auquel le clinicien pourrait être confronté. Chaque variation radiologique possible devra être intégrée au modèle, de même que tous les diagnostics rares. La tâche n'est pas impossible, mais elle demeure excessivement complexe. Des sous-types d'apprentissage machine comme l'apprentissage profond (*deep learning*) pourraient toutefois pallier ce problème en détectant des modèles et tendances de bases dans des données non étiquetées. L'apprentissage profond est cependant très complexe et nécessite plus de données pour produire un résultat satisfaisant [7].

Il existe des dizaines d'autres types d'intelligence artificielle dont nous pourrions discuter. La vocation de notre mémoire n'est toutefois pas technique, et les enjeux législatifs et sociétaux liés à l'intelligence artificielle se ressemblent indépendamment du type d'IA utilisé. Le mode de fonctionnement de l'intelligence artificielle nous permet toutefois de faire un constat essentiel : une intelligence

**AVANT D'ÊTRE
IMPLÉMENTÉE DANS
LE SYSTÈME DE SANTÉ,
L'INTELLIGENCE
ARTIFICIELLE DOIT ÊTRE
ENTRAÎNÉE SUR DES
QUANTITÉS DE DONNÉES
MASSIVES, AUTREMENT
ELLE COMMETTRA
FATALEMENT DES ERREURS.**

artificielle ne peut pas être meilleure que la base de données sur laquelle elle est entraînée. Un radiologiste qui a évalué 10 000 images radiologiques dans sa pratique sera meilleur qu'un radiologiste qui n'en a évalué que 1000; et la même logique tient pour l'IA. Toutefois, un radiologiste doit compléter un programme d'au moins neuf ans, et l'on peut s'attendre avec une certaine confiance qu'à la fin de sa formation, il ait une expérience clinique suffisante pour poser des diagnostics adéquats. Parallèlement, il n'existe pas de critères universels pour établir si une IA est suffisamment performante pour être implémentée dans le système de santé. Il s'agit d'un manque qui devra certainement être comblé dans les prochaines années, ou alors des IA immatures, voire dangereuses, risquent d'être implantées dans le réseau. En attendant que ces critères soient établis, il importe d'évaluer tous les projets d'intelligence artificielle de façon individuelle, car la différence de performance entre deux IA peut être dramatique.

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LE RÉSEAU DE LA SANTÉ QUÉBÉCOIS

Pour le meilleur et pour le pire, plusieurs soignants sont déjà confrontés à l'intelligence artificielle au quotidien. En date d'aujourd'hui, des centaines de projets ont été implantés à travers le réseau [8], principalement dans les centres médicaux universitaires en raison de leurs importantes bases de données. Sans vouloir détailler toutes ces initiatives, il

nous paraît utile de définir les différents environnements médicaux dans lesquels elles s’inscrivent et ainsi, d’offrir un portrait global des capacités de l’intelligence artificielle dans sa présente mouture.

L’IA a connu ses premiers succès dans le domaine de l’imagerie médicale et il s’agit encore du milieu où elle est la plus mature. L’on recense aujourd’hui des modèles d’analyse d’image qui effectuent une première interprétation de mammographies, de radiographies pulmonaires, de scans cérébraux et d’échographies [8]. Ces systèmes permettent d’évaluer rapidement quelles images justifient une interprétation prioritaire par un radiologiste, ce qui permet d’assurer une meilleure stratification. Cet enjeu est particulièrement important pour les établissements de santé ruraux, qui recourent souvent à des spécialistes de centres urbains pour interpréter des imageries effectuées sur place [9]. En plus de son utilisation à des fins de priorisation, l’IA peut aussi constituer un outil d’aide au diagnostic en imagerie. Une revue systématique des algorithmes d’apprentissage existants montre en effet que ceux-ci ont une précision élevée dans la détection de diverses pathologies [10].

ALORS QUE PLUSIEURS INTELLIGENCES ARTIFICIELLES PROMETTENT UN DÉPISTAGE PRÉCOCE, RAPPELONS-NOUS QUE L’ESSENTIEL N’EST PAS DE DÉPISTER UNE MALADIE LE PLUS TÔT POSSIBLE, MAIS AU MOMENT À PARTIR DUQUEL SA PRISE EN CHARGE CLINIQUE SERA MODIFIÉE.

En ophtalmologie, en imagerie du cancer du sein et en médecine respiratoire, la spécificité de ces algorithmes varie de 72 % à 99 % et leur sensibilité, de 72 % à 100 %. Notons qu’il existe aussi des algorithmes dont le but est d’aider la visualisation de certains éléments à l’imagerie, par exemple en reconstruisant une image en trois dimensions ou encore en y déterminant des régions d’intérêt [11]. L’on peut supposer

qu’avec un plus grand bassin de données et une puissance computationnelle plus importante, la performance de ces algorithmes pourrait encore s’améliorer, ce qui en fait une sphère d’étude prometteuse.

Les bons résultats de l’intelligence artificielle en imagerie ont motivé son expansion dans d’autres sphères de la médecine tels le triage, le dépistage et l’évaluation du pronostic. Le triage en particulier apparaît comme un secteur névralgique. La saturation actuelle des urgences entraîne en effet des répercussions significatives sur la mortalité, le taux de complications, le délai de traitement et la durée d’hospitalisation des patients [12]. Pour limiter ces tendances négatives, un triage efficace apparaît essentiel. Le système par niveaux actuellement implanté dans les urgences repose sur l’évaluation des patients par une équipe de triage et est donc limité par le personnel soignant présent sur place [12]. L’intégration de modalités d’IA au processus de triage permettrait selon certains d’améliorer sa rapidité et son efficacité, ce qui libérerait des soignants pour d’autres tâches cliniques. Une équipe de recherche du Centre Universitaire de l’Université de Montréal (CHUM) étudie à ce titre un système d’IA qui, à partir de facteurs comme l’âge et les symptômes d’un patient, peut déterminer la nature de son problème et la probabilité qu’il soit admis en centre hospitalier [13] [14].

L’explosion des coûts des soins de santé motive la réévaluation du rôle que joue la prévention dans le système des soins québécois. Les dépenses encourues en prévention sont en effet largement recoupées par les économies faites en soins actifs et permettent d’éviter bien des souffrances aux patients. Sans surprise, il s’agit d’un des secteurs de la médecine les plus ciblés par les projets d’IA, particulièrement en dehors du milieu hospitalier.

Dans la perspective d’améliorer leur santé globale, de nombreux patients recourent à des montres intelligentes ou d’autres dispositifs électroniques. Ceux-ci leur permettent d’enregistrer des données variées tels leur rythme cardiaque, leur poids, leur niveau d’activité, leur rythme de sommeil et leur glycémie. Ces quantités massives de données sont fréquemment analysées en arrière-plan par des intelligences artificielles, qui relèvent des tendances générales ainsi que des associations entre les différentes métriques du patient. Ces constats leur sont alors présentés sous la forme d’un résumé souvent accompagné de conseils. Cette approche s’est entre autres révélée efficace dans l’amélioration du contrôle diabétique [15] et peut constituer un outil de motivation important chez des patients désireux améliorer leurs habitudes de vie. Il est révélateur que des compagnies d’assurance vie offrent gratuitement à leurs clients ces

appareils par ailleurs dispendieux, cela, car elles jugent que ceux-ci réduisent leur risque de mortalité [16]. Dans un contexte hospitalier, les projets d'IA axés sur la prévention s'inscrivent souvent plus dans une perspective de dépistage. Un premier projet évalue ainsi le risque de développer une fibrillation auriculaire (une arythmie cardiaque) en fonction du résultat d'un électrocardiogramme de routine [17]; un deuxième utilise l'apprentissage profond pour dépister la rétinopathie diabétique [18]. De tels algorithmes pourraient être d'aide particulière dans la prise en charge de maladies métaboliques, qui touchent un nombre important de Québécois et génèrent des coûts élevés pour le système de santé. Rappelons toutefois qu'un dépistage trop intensif peut se révéler contre-productif, notamment car il génère un nombre important de faux positifs. Alors que plusieurs intelligences artificielles promettent un dépistage précoce, rappelons-nous que l'essentiel n'est pas de dépister une maladie le plus tôt possible, mais au moment à partir duquel sa prise en charge clinique sera modifiée.

Ces réflexions s'inscrivent dans le mouvement médical plus large de réduction des examens et traitements jugés inutiles, qui est notamment porté au Québec par l'organisme Choisir avec soin [19]. Certaines intelligences artificielles s'inscrivent aussi dans ce courant, cela en évaluant les complications et le pronostic d'une situation médicale donnée. Durant la pandémie de la COVID-19, l'IA a ainsi été utilisée pour prédire quels patients risquaient le plus de développer des complications et mériteraient donc d'être hospitalisés ou admis aux soins intensifs [20]. Une approche similaire est déployée en chirurgie pour évaluer le risque opératoire, cela en évaluant le risque de complications et de mortalité associés à une intervention. Ces données permettent d'orienter le plan de traitement et d'annuler des opérations pour lesquelles les risques dépassent les bénéfices attendus [11]. Cela désengorge du même coup le réseau et permet de réduire les longues listes d'attente en chirurgie. En soins palliatifs finalement, l'IA peut offrir des prédictions quant au risque de mortalité de patients, ce qui permet d'engager plus tôt des discussions sur leur niveau de soins et ainsi d'éviter l'acharnement médical [21]. Si l'IA constitue un outil supplémentaire dans l'arsenal du médecin offrant des soins palliatifs, elle ne doit toutefois pas devenir une béquille; une approche humaniste et d'écoute demeure essentielle pour préserver la dignité du patient à la fin de sa vie, ce que l'IA ne pourra jamais remplacer.

Il faut noter qu'une proportion importante des projets cités jusqu'ici s'inscrivent dans des spécialités autres que la médecine de famille, telles la chirurgie ou la radiologie, ou alors dans un cadre commercial. La première ligne ne doit pas devenir le parent pauvre de l'intelligence artificielle

en santé, particulièrement dans un contexte de pénurie d'infirmières et de médecins de famille. En dehors de ses applications cliniques, l'IA nous semble un outil intéressant pour réduire la paperasse, qui constitue un irritant majeur de ces deux professions et nuit à leur valorisation. Les médecins de famille et les infirmières dédient 25 % de leur pratique à des tâches administratives [22] [23], une charge injustifiable alors que tant de Québécois sont incapables d'accéder à la première ligne. Le choix des tâches qu'effectue un professionnel est un jeu à somme nulle et tout ajout de tâche s'accompagne d'un sacrifice ailleurs. Chaque formulaire que remplit un soignant constitue ainsi un choix actif, celui de ne pas soigner un patient. C'est un choix sérieux et souvent malavisé. Des efforts importants et continus pour réduire la paperasse nous apparaissent essentiels pour recentrer la pratique des médecins sur leur mission première, qui est d'offrir des soins directs.

LA PREMIÈRE LIGNE NE DOIT PAS DEVENIR LE PARENT PAUVRE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN SANTÉ, PARTICULIÈREMENT DANS UN CONTEXTE DE PÉNURIE D'INFIRMIÈRES ET DE MÉDECINS DE FAMILLE.

UTILISATION DANS LE CURSUS MÉDICAL

Un obstacle majeur à l'intégration de l'IA dans le réseau de santé est la littératie numérique inégale entre les différents soignants [24]. Les formations sur l'utilisation de l'intelligence artificielle sont encore rares dans l'éducation médicale en raison du jeune âge de cette technologie, quoique des percées commencent à s'effectuer. L'Association canadienne des radiologistes (CAR) demande par exemple depuis 2018 à ce que les résidents en radiologie soient formés sur les concepts clés et la terminologie liés à l'intelligence artificielle [25]. Ils suivent également une formation sur l'évaluation judicieuse et critique des recommandations faites par les systèmes d'intelligence artificielle. Dans la mesure où l'IA occupera de plus en plus

de place dans les soins de santé, cette approche devrait être généralisée aux résidents des spécialités médicales autres que la radiologie ainsi qu'aux externes en médecine. Cela permettrait de limiter les risques qu'une utilisation inadéquate de l'intelligence artificielle pose pour les patients. Notons toutefois qu'il n'existe pas de standard quant au contenu pédagogique qui est présenté dans les curriculums médicaux portant sur l'IA et l'exhaustivité de cet enseignement pourrait donc s'avérer variable [26]. Puisque l'IA est un domaine en pleine expansion, un effort particulier doit être fait pour garder les curriculums à jour avec les technologies utilisées en milieu clinique.

L'intelligence artificielle est aussi déployée dans le cursus médical comme outil pédagogique permettant de moderniser le curriculum. L'IA est souvent combinée à la réalité virtuelle et la réalité augmentée dans des simulations d'actes cliniques, qui permettent par exemple aux étudiants de développer leurs compétences chirurgicales [27] [28]. Ils peuvent ainsi développer leurs aptitudes manuelles indépendamment de leur emplacement et pratiquer des scénarios critiques sans risque pour les patients. Dans le cadre de ces outils de simulation, le rôle de l'IA consiste à fournir un compte-rendu détaillé de la performance des étudiants, ce qui leur permet de corriger et d'améliorer leur technique [29] [30]. Ce type de technologie nous apparaît prometteur, surtout dans un contexte où l'exposition clinique en chirurgie risque de diminuer ce, en raison de la hausse des admissions en médecine. Un apprentissage autonome comme celui procuré par des simulations permettrait aux étudiants de pratiquer leurs habiletés techniques en dehors du bloc opératoire et donc, de mieux les préparer à de véritables interventions chirurgicales.

LA TRANSITION NUMÉRIQUE ET SES ENJEUX

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE AU TEMPS DU FAX

Bien que les gouvernements québécois et canadiens investissent massivement dans le développement de l'IA en santé, son implantation ne réussira que si elle peut s'appuyer sur un environnement numérique solide. Il est ironique que l'IA reçoive un financement aussi important alors que les dossiers papier et les fax sont encore omniprésents dans le réseau de santé [31], et ce, même dans les hôpitaux à la fine pointe de la technologie. Malgré la promesse du gouvernement Legault de cesser l'utilisation du fax dans le réseau de santé d'ici 2023 [32], près de 80 % des communications en santé se font encore à travers un support papier [33]. Le manque de compatibilité entre les systèmes d'intelligence artificielle et l'environnement informatique actuel du réseau, souvent structuré en silos, entraînera nécessairement des problèmes d'interopérabilité. Les systèmes informatiques utilisés sont déterminés au niveau de l'hôpital, ce qui fait en sorte que des centaines de systèmes différents sont utilisés à travers le réseau québécois. Cela entraîne des problèmes particuliers pour les CSSS et CIUSSS [34, p. 10], qui regroupent des établissements de santé qui n'utilisent pas nécessairement les mêmes systèmes. Souvent, ces systèmes sont obsolètes et se dédoublent entre eux. Ils nécessitent par ailleurs une surveillance et un maintien quotidien, ce qui accapare des ressources humaines et financières importantes [35].

Notre mémoire de 2021 sur le virage de la télémédecine au Québec avait déjà exploré le sujet des dossiers électroniques et malgré les trois années séparant nos travaux, les enjeux demeurent les mêmes [36]. Le réseau de la santé et des services sociaux (RSSS) regorge de variété en matière de dossiers médicaux, qui se déclinent dans tous les formats et supports, souvent en plusieurs types distincts au sein d'un même centre hospitalier. Le format le plus souvent utilisé est le papier qui est dans certains cas numérisé. Si certains établissements utilisent des dossiers cliniques informatisés (DCI), d'autres n'offrent que des images numérisées des dossiers papier des patients, que l'on nomme dossiers patients électroniques (DPE). Certains hôpitaux ne

numérisent même pas les dossiers papier et se rabattent sur des archives papier difficilement accessibles.

Le dossier santé Québec (DSQ), qui regroupe les laboratoires, imageries et médicaments au niveau provincial, peut sembler être une solution au problème des dossiers papier. Or, celui-ci n'est pas accessible à tous les professionnels et toutes les informations liées au patient n'y figurent pas [37]. Entre un DSQ incomplet et des dossiers patients ni standardisés, ni accessibles, un grand vide de connaissances se crée au niveau des antécédents médicaux, des diagnostics, des traitements reçus et de l'évolution des patients. Des ressources humaines considérables sont gaspillées à faire venir par fax les dossiers d'autres hôpitaux et à questionner *ad vitam aeternam* les patients. La répétition de laboratoires et d'exams soulève des dépenses importantes en plus de nuire à la santé des patients, qui peuvent par exemple être irradiés inutilement en imagerie.

LA RÉPÉTITION DE LABORATOIRES ET D'EXAMENS SOULÈVE DES DÉPENSES IMPORTANTES EN PLUS DE NUIRE À LA SANTÉ DES PATIENTS, QUI PEUVENT PAR EXEMPLE ÊTRE IRRADIÉS INUTILEMENT EN IMAGERIE.

Devant cette situation intenable, une solution s'impose : le Dossier Santé Numérique (DSN), qui est un dossier médical centralisé. Celui-ci permettrait d'obtenir en temps réel l'ensemble des informations liées à la santé d'un patient, et ce, à travers différents établissements

médicaux. En août 2023, le Québec choisit l'entreprise *Epic Systems* pour exécuter l'implémentation du Dossier Santé Numérique [38]. Des projets-pilotes sont présentement en développement dans les CIUSSS de la Mauricie-et-du-Centre-du-Québec et du Nord-de-l'Île-de-Montréal et seront opérationnels au plus tard en 2025. Espérons que le déploiement élargi de cette solution accélérera la transition numérique du réseau de la santé et allégera le poids que les technologies vétustes posent sur le personnel soignant.

Le gouvernement québécois mise sur Internet pour offrir des services de santé aux Québécois, par le biais entre autres du Portail Clic Santé et du Carnet Santé. Devant cette réalité, on doit considérer non seulement les limites des systèmes informatiques du réseau, mais aussi celui de ses usagers, ainsi que la variabilité de leur accès à la technologie. Selon un rapport de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) sur les inégalités en santé numérique [39], ce sont les populations économiquement et socialement vulnérables qui sont les plus affectées par les inégalités numériques. **L'accès restreint à Internet, des compétences informatiques limitées et le manque de connaissances générales sur la santé sont trois facteurs qui restreignent l'accès aux services numériques de santé.** Afin que la numérisation des services de santé ne se fasse pas sur le dos des populations les plus vulnérables, il faut s'assurer de leur fournir les **outils technologiques et les connaissances nécessaires pour utiliser ces services.**

SÉCURITÉ DES DONNÉES

L'implémentation d'un dossier médical centralisé comme le DSN présente des enjeux importants en matière de sécurité numérique. Les pirates informatiques ciblent fréquemment les données de santé notamment parce que les systèmes informatiques qui les hébergent sont désuets et propices à l'infiltration. Selon son implémentation, le dossier numérique pourrait constituer une progression ou un recul en matière de sécurité des données. D'une part, en réduisant le nombre de systèmes utilisés, on réduit le nombre de points de défaillance (*points of failure*) pouvant compromettre des systèmes informatiques, ce qui peut être perçu comme une progression. D'autre part, cette centralisation des données de santé des Québécois en une seule forteresse numérique pose un risque : toute brèche dans son enceinte pourrait entraîner des conséquences catastrophiques, représentant ainsi un recul en matière de sécurité. À mesure que les données de santé des Québécois seront centralisées, les enjeux de sécurité qu'elles posent deviendront de plus en plus importants.

La nature sensible des données de santé constitue un levier incroyable pour les pirates informatiques, qui peuvent demander des rançons élevées de la part des administrations publiques simplement en menaçant de les divulguer. À l'échelle mondiale, plus d'une organisation de santé sur quatre est touchée par des cyberattaques [40]. Le Québec n'échappe pas à cette règle, comme en témoigne l'incident de sécurité informatique ayant atteint le CIUSSS du Centre-Ouest-de-l'Île-de-Montréal en 2020 [67] [72]. Ces attaques peuvent entraîner des dommages financiers et réputationnels, voire menacer la santé des patients.

**AFIN QUE LA
NUMÉRISATION DES
SERVICES DE SANTÉ NE
SE FASSE PAS SUR LE DOS
DES POPULATIONS LES
PLUS VULNÉRABLES, IL
FAUT S'ASSURER DE LEUR
FOURNIR LES OUTILS
TECHNOLOGIQUES ET
LES CONNAISSANCES
NÉCESSAIRES POUR
UTILISER CES SERVICES.**

Selon la littérature, 20 % des cyberattaques causeraient des dommages financiers aux établissements de santé [71] [72]. Ceux-ci prennent plusieurs formes, allant des rançons aux réparations de matériel endommagé [42]. Les centres hospitaliers doivent aussi augmenter leurs dépenses publicitaires pour aider à réparer leur réputation compromise par la divulgation de données confidentielles. Il n'est pas rare qu'à la suite de tels épisodes, les patients développent une méfiance envers les institutions de santé, ce qui compromet leur relation thérapeutique avec les professionnels de santé [42]. Les patients seraient en effet plus réticents à partager des informations qu'ils jugent potentiellement préjudiciables, bien que celles-ci puissent dans certains cas s'avérer essentielles à leur traitement.

Même après avoir payé la rançon exigée, plusieurs risques demeurent : les données de santé peuvent ne jamais être retournées à leur propriétaire ou alors être vendues sur l'Internet clandestin (*darknet*) [42]. Selon un article publié par l'Association médicale canadienne (AMC) en 2023, les données personnelles de santé sont vendues sur ces réseaux illégaux à des prix nettement plus élevés que d'autres types de données confidentielles, par exemple,

À MESURE QUE LES DONNÉES DE SANTÉ DES QUÉBÉCOIS SERONT CENTRALISÉES, LES ENJEUX DE SÉCURITÉ QU'ELLES POSENT DEVIENDRONT DE PLUS EN PLUS IMPORTANTS.

des numéros de cartes de crédit [41]. Un autre risque est celui posé à la santé des patients durant la durée de l'attaque, pendant laquelle les systèmes informatiques peuvent devenir paralysés. La transition vers un dossier médical numérique amplifiera l'impact de ce type de ruptures de service, qui peut entraîner la prolongation d'hospitalisations et des délais supplémentaires pour obtenir des tests et des traitements [40] [41] [42].

Devant les risques potentiellement catastrophiques d'une cyberattaque sur le réseau de la santé, il est essentiel de financer adéquatement la sécurisation des données de santé au niveau individuel comme institutionnel. L'Association médicale canadienne (AMC) a à cet effet rédigé un guide décrivant 4 facettes de la réduction du risque et des dommages d'une cyberattaque: la prévention, la détection, la réponse et la récupération [41]. Ces meilleures pratiques devraient être utilisées pour évaluer l'aptitude de nos systèmes à se défendre d'une potentielle attaque et dans le cas contraire, devraient motiver des changements dans l'organisation de nos services informatiques. Des budgets doivent aussi être prévus pour soutenir la recherche et le développement en cybersécurité et pour former les professionnels de la santé à l'usage sécuritaire des ressources informatiques [40].

ENJEUX SÉCURITAIRES, LÉGAUX ET ETHIQUES DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

CADRE LÉGISLATIF ET RÉGLEMENTAIRE

Le développement rapide des technologies d'intelligence artificielle de même que l'optimisme parfois excessif dont elles bénéficient peuvent entraîner un manque de recul quant à leurs retombées négatives. Un des risques les plus importants à ce niveau est le risque en matière de sécurité, particulièrement vu la nature sensible des données traitées par le réseau de la santé.

Le Québec ne bénéficie pas de cadre législatif ni de programme d'approbation relatif aux technologies d'intelligence artificielle utilisées dans le système de santé. À l'échelle canadienne, Santé Canada, qui approuve les technologies médicales proposées par les entreprises, a pour l'instant seulement autorisé 5 programmes médicaux basés sur l'intelligence artificielle [43]. Le rythme d'approbation de projets par Santé Canada est en décalage par rapport au rythme exponentiel de développement de l'intelligence artificielle. Il ne s'agit pas d'une réalité canadienne: les États-Unis, n'ont pour l'instant approuvé que 29 programmes par le biais de la *Food and Drugs Administration (FDA)* [44].

Dans la tradition américaine, le mandat de la FDA en matière d'intelligence artificielle est d'abord de promouvoir l'innovation en évitant la régulation excessive. L'organisation autorise l'apprentissage continu des logiciels sans qu'une nouvelle approbation soit émise du moment qu'un plan pour garder le logiciel sécuritaire est instauré [45]. Dans un décret d'octobre 2023, le président américain a également établi des standards de sécurité et de sûreté en IA, qui incluent le partage des tests de sécurité des compagnies privées avec le gouvernement américain. Ce décret instaure par ailleurs un programme visant à recevoir et analyser des rapports de sécurité ciblant des pratiques préjudiciables ou dangereuses liées à l'IA en santé [46]. La FDA vise d'abord à assurer la sécurité des logiciels d'IA et limiter le risque de

brèche de données; un angle mort de leur approche est toutefois l'efficacité desdits logiciels d'IA, qui constitue un élément secondaire dans le processus d'approbation.

**LA CRÉATION D'UN
COMITÉ D'EXPERTS
INDÉPENDANTS NOUS
APPARAÎT UNE MESURE
STRUCTURANTE
POUR ENCADRER
L'APPLICATION DE L'IA.**

La réglementation européenne s'annonce plus exhaustive sur ce dernier enjeu. Elle combine des exigences spécifiques au domaine de la santé avec des exigences de sécurité numérique, en plus de respecter le cadre juridique qui entoure l'IA. Comme aux États-Unis, un système de gestion de la qualité doit être mis en place pour les logiciels qui effectuent de l'apprentissage continu. Ces mesures sont toutefois plus rigoureuses et détaillées que leurs équivalents américains [45]. Les directives de la Réglementation des dispositifs médicaux de l'Union européenne (*Medical Device Regulation*) de 2021 mettent en place un cadre réglementaire basé sur le niveau de risque associé avec l'appareil médical (classes I, IIa, IIb et III). Plus le risque associé à un logiciel d'intelligence artificielle est élevé, plus les exigences réglementaires sont importantes. Celui-ci ne peut être adopté sur le marché européen qu'après une collecte de données empiriques visant à assurer sa sécurité, sa performance et un rapport coût-bénéfice positif. La mise en place d'un plan de surveillance suivant la commercialisation

du produit est également obligatoire [47]. La philosophie d'approbation européenne consiste à évaluer conjointement la sécurité des logiciels d'IA et leur pertinence clinique, ce qui nous apparaît être une approche plus holistique.

**LES ENJEUX PROPRES À L'IA
SONT TROP IMPORTANTS
POUR QU'ELLE AIT DROIT À UN
LAISSEZ-PASSER EN MATIÈRE
D'APPROBATION.**

À l'instar de ses voisins américains et cousins européens, le Canada travaille à la rédaction de réglementation, conjointement avec les États-Unis et la Grande-Bretagne. Le fruit de ce travail est un guide de 10 principes, paru en 2021, qui établit des points clés sur lesquels les entreprises devraient se concentrer si elles désirent que leurs programmes soient approuvés lorsqu'un cadre législatif sera mis en place [48]. Il y figure notamment la mise en place d'une sécurité méticuleuse, la mesure continue des performances et l'utilisation des meilleures données médicales disponibles. Le caractère privé de plusieurs entreprises d'intelligence artificielle rendra difficile l'atteinte des critères précédents, les données et les algorithmes utilisés par celles-ci ne relevant pas du domaine public. Si elles veulent être conséquentes, les législations nommées précédemment devront donc accompagner leur cadre législatif d'un processus d'approbation et d'audit rigoureux, autrement celui-ci sera sans impact. La prochaine question que nous devons nous poser est donc qui sera l'autorité responsable du processus d'approbation. À court terme, il semble que Santé Canada soit le mieux positionné pour remplir ce rôle, l'organisation ayant déjà commencé à approuver quelques projets d'IA.

Le Québec a des enjeux distincts en matière d'intégration de l'IA au système de santé, d'abord au niveau linguistique. Si certaines modalités d'IA, telle l'analyse d'image, peuvent être utilisées aussi bien au Québec que dans les autres provinces, les robots conversationnels, la reconnaissance de la voix et d'autres implémentations de ce type ne s'adaptent pas facilement au fait français. Ainsi, nous croyons qu'il est souhaitable que Santé Canada développe un processus d'approbation différencié pour le français et l'anglais; un projet d'IA pourrait ainsi être approuvé pour utilisation en milieu francophone, en milieu anglophone ou dans les deux

milieux. Les programmes d'intelligence artificielle étant largement entraînés sur des bases de données anglaises, il est peu probable qu'un programme d'IA ait une performance similaire en français qu'en anglais sans ajustements préalables.

La création d'une voie d'approbation francophone nous apparaît être le strict minimum pour assurer une équité linguistique dans la réception de soins, tant au niveau de la fiabilité que de la sécurité. Si Santé Canada échoue à remplir ce critère, nous considérons que le Québec devrait alors considérer de lancer son propre processus d'approbation.

La majorité des projets d'intelligence artificielle implémentés dans le réseau de santé sont des projets pilotes qui sont déployés à l'échelle d'un hôpital individuel. L'organisme Excellence en santé Canada, qui a émis une trousse de principes et des recommandations pour l'implémentation de l'intelligence artificielle dans le secteur de la santé, considère le projet pilote comme une étape obligatoire dans l'implémentation d'un projet d'IA dans le milieu de santé [49]. Tous les projets pilotes d'intelligence artificielle en santé ne peuvent toutefois pas être approuvés par Santé Canada; les ressources de l'agence sont limitées, et les projets, trop nombreux. Ce ne sont par ailleurs pas tous les projets d'intelligence artificielle qui ont une portée nationale; quoique certaines initiatives de plus grande envergure et applicabilité puissent bénéficier d'obtenir le sceau d'approbation de l'agence, plusieurs autres mériteraient une approche plus locale et personnalisée.

Les centres hospitaliers québécois disposent déjà à cet effet des comités d'éthique de la recherche (CÉR), dont le but est d'abord de veiller à la protection des participants d'un projet de recherche. En vertu de l'article 21 du Code civil du Québec, ce comité doit être composé d'au moins « deux membres ayant une vaste connaissance des méthodes ou des domaines de recherche couverts par le comité; une personne spécialisée en éthique; une personne spécialisée en droit; au moins une personne non affiliée à l'établissement, mais provenant des groupes utilisant les services de l'établissement » [49] [50]. Il est fréquent que les CÉR comprennent un nombre de membres supérieur à ce qui est prescrit par la loi : le CÉR du Centre Hospitalier de l'Université Laval (CHUL), par exemple, compte 51 membres [51]. Les experts présents sur ces comités ont donc de l'expérience dans des domaines variés, ce qui leur permet de s'exprimer sur un large éventail de sujets de recherche. Si l'on suppose que l'intelligence artificielle occupera une place plus importante dans le système de santé à l'avenir, et puisque l'expertise requise pour évaluer

un projet d'intelligence artificielle n'est pas la même que celle requise pour évaluer un projet de recherche clinique, nous considérons que la composition des CÉR devrait être modifiée en conséquence. Plus spécifiquement, il apparaît raisonnable que les grands centres hospitaliers, qui ont déjà des CÉR bien remplis, se prémunissent aussi d'un expert en intelligence artificielle capable d'évaluer la fiabilité et la sécurité des projets de recherche proposés aux CÉR. La possibilité pour les CÉR de consulter un expert en intelligence artificielle dans le réseau de la santé devrait par ailleurs être garantie, entre autres par équité pour les plus petits centres hospitaliers, qui ne disposent pas nécessairement d'expertise locale en la matière.

**L'INTELLIGENCE
ARTIFICIELLE NE DOIT
PAS SOLIDIFIER LES
INÉGALITÉS EXISTANTES
DANS LE SYSTÈME DE
SANTÉ.**

Si le Québec veut devenir un leader en matière d'IA en santé, il ne pourra pas simplement se prévaloir de processus d'approbation sensés et efficaces; il doit avoir en plus une ligne directrice, une stratégie intégrant les meilleures pratiques en termes d'intelligence artificielle. Une étude menée auprès de chercheurs du Centre Hospitalier Universitaire (CHU) de Nîmes, un leader en matière d'IA, a établi que l'absence de compétence et d'expertise spécifiques sur l'IA était la raison principale qui freinait le déploiement de l'IA dans les hôpitaux, suivi d'une difficulté à percevoir le développement d'un projet d'IA. 90,5 % d'entre eux étaient favorables à ce qu'un comité d'experts en IA soit instauré pour effectuer le suivi des expériences menées dans les établissements, identifier les innovations les plus utiles dans le domaine de l'IA et identifier les cas d'usage les plus pertinents [52]. La création d'un comité d'experts indépendants nous apparaît une mesure structurante pour encadrer l'application de l'IA. Nous croyons que celui-ci pourrait être porté au Québec par l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS), dont la mission officielle est de « promouvoir l'excellence clinique et l'utilisation efficace des ressources » [53]. À ce jour, l'INESSS n'a évalué une solution d'intelligence artificielle qu'en une seule occasion [54], quoiqu'ils mentionnent dans leur dernier plan triennal demeurer « à

l'affût des innovations sociales et technologiques » [55], incluant l'intelligence artificielle. Dans une approche qui se veut proactive, nous croyons que l'INESSS devrait dès aujourd'hui créer un comité d'experts pour se pencher sur les projets d'intelligence artificielle.

ACCÈS AUX DONNÉES, RELATION DE CONFIANCE ET ENJEUX ÉTHIQUES

Pour être efficaces, les logiciels l'IA doivent pouvoir s'entraîner à des quantités astronomiques de données. Outre la difficulté d'accéder aux dites données, notamment en l'absence d'un dossier numérique, leur accès soulève plusieurs questionnements éthiques. Les dossiers médicaux sont assujettis à la *Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels* [56] et à la *Loi sur la protection des renseignements personnels dans le secteur privé* [57]. Selon celles-ci, l'accès aux données peut être accordé à des compagnies publiques comme privées sans le consentement du patient du moment que les données soient anonymisées et utilisées dans une perspective de recherche. L'anonymisation n'est toutefois pas un processus parfait, et certaines IA puissantes peuvent être utilisées pour déanonymiser les données [58]. Cet accès élargi aux données menace la relation thérapeutique entre les patients et les médecins. Le préjugé qu'entretiennent plusieurs patients en rentrant dans le bureau du médecin est que tout ce qui s'y dit est absolument confidentiel, et plusieurs ignorent que leurs données de santé peuvent être utilisées à des fins de recherche. La situation empire lorsqu'il existe un risque que les données des patients soient déanonymisées, car elles peuvent alors leur entraîner un préjudice réel. Conséquemment, certains patients pourraient perdre leur confiance envers les professionnels de la santé, voire le système de santé québécois en général, ou encore refuser de partager certaines informations sensibles par peur que celles-ci soient utilisées par des individus externes à la profession médicale.

Un autre aspect éthico-légal qui doit être évalué est celui de la responsabilité légale pour les décisions prises avec l'assistance de l'intelligence artificielle. À l'heure actuelle, le médecin est légalement responsable des décisions cliniques qu'il prend avec l'intelligence artificielle, ce qui l'oblige à utiliser cet outil avec prudence. À mesure que les capacités des IA se développent et que leur précision augmente, les médecins auront toutefois tendance à s'y fier de plus en plus, ce qui pourrait justifier un changement dans le cadre législatif entourant la responsabilité professionnelle.

La question à se poser est de savoir qui est responsable des erreurs d'une IA dûment approuvée et utilisée adéquatement dans un milieu clinique. Est-ce le médecin, qui aurait dû faire preuve d'un plus grand esprit critique? Est-ce le centre hospitalier, qui aurait dû faire une évaluation plus diligente de l'IA avant de la déployer? Est-ce la compagnie, publique ou privée, qui a créé le système d'IA et l'a commercialisé dans une version trop précoce? Ce sont des questions complexes, qui mériteront dans les prochaines années une exploration plus approfondie. Le Collège des médecins du Québec (CMQ), qui a pour mission de protéger le public, commence à s'attarder à ces enjeux; son président, le Dr Mauril Gaudreault, a en effet mentionné que l'IA fait partie des défis du CMQ pour l'année 2024 [60]. Le CMQ a d'ailleurs créé en 2023 un guide d'exercice pour les médecins concernant la recherche clinique. Un chapitre entier y est consacré à l'IA [61]. Rappelons finalement que selon le Code de déontologie des médecins [59], les médecins ont un devoir de moyens et non de résultats; dans la mesure où l'IA est considérée comme un moyen adéquat d'évaluer un patient et que celle-ci est utilisée judicieusement par le médecin, il nous semble que son comportement pourrait alors être considéré comme irréprochable, même s'il entraîne des erreurs médicales. Cette approche nécessite toutefois que les logiciels d'intelligence artificielle soient évalués de manière très critique et exhaustive avant d'être implantés dans les milieux cliniques. Le processus d'approbation constitue normalement un parcours de croix pour les technologies médicales, comme l'exemplifient les multiples phases nécessaires à l'approbation d'un nouveau médicament. Les enjeux propres à l'IA sont trop importants pour qu'elle ait droit à un laissez-passer en matière d'approbation. Il nous apparaît souhaitable que les technologies soient implantées plus lentement si cela permet de mieux protéger les patients.

Un dernier enjeu majeur que pose l'intelligence artificielle d'un point de vue éthique est sa capacité à entretenir des biais. Comme répété à plusieurs reprises, une IA est seulement aussi performante que les données sur lesquelles elle est entraînée. Si ces données ne représentent pas la population sur laquelle l'intelligence artificielle sera ensuite utilisée, elle alors elle se révélera moins efficace chez les populations minoritaires dans l'échantillon d'entraînement. Plusieurs études ont montré que certains sous-types d'intelligence artificielle tels l'apprentissage automatique performaient moins bien dans des situations réelles où ils étaient exposés à de nouveaux ensembles de données [24]. Un algorithme d'apprentissage automatique conçu pour évaluer le risque de suicide a par exemple montré de meilleures performances pour les hommes caucasiens par rapport aux femmes noires, ce qui reflète le fait que l'algorithme a été entraîné et testé

initialement sur des données principalement collectées auprès d'hommes caucasiens [63]. C'est entre autres dans cette perspective que nous recommandons la création d'une voie d'approbation francophone pour les projets d'intelligence artificielle. Dans la mesure où les intelligences artificielles sont développées sur un bassin de données largement anglophone, il est incertain que leur performance soit suffisante pour être implantée dans un établissement de santé sans modification, si elle s'appuie sur des données textuelles. Il nous semble essentiel qu'avant d'être approuvés par Santé Canada, les logiciels d'intelligence artificielle soient aussi testés dans un environnement clinique francophone. Si Santé Canada est incapable de développer une voie d'approbation respectant ces critères, alors le Québec devra selon nous prendre en charge cette responsabilité et créer sa propre voie d'approbation afin de protéger la santé des patients québécois. En dehors des populations francophones, il existe d'autres groupes minoritaires qui doivent être représentés dans les bases de données utilisées pour entraîner les IA. Sans prétention à l'exhaustivité, nommons les femmes – bien qu'elles composent la moitié de la population, elles demeurent sous-étudiées dans la recherche médicale – les personnes noires, les membres des Premières Nations et des Inuits, les populations immigrantes et les individus en situation de précarité financière. Déjà dans le système actuel, ces groupes rencontrent des difficultés à recevoir des soins de qualité égale et ont de pires pronostics vitaux. L'intelligence artificielle ne doit pas solidifier les inégalités existantes dans le système de santé. Avec des échantillons représentatifs, elles pourraient au contraire niveler les soins reçus à travers le Québec et contribuer à créer un système plus inclusif et égalitaire.

FINANCEMENT DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

De nombreux acteurs financiers, économiques et politiques veulent faire de Montréal un pôle central du domaine de l'intelligence artificielle [64]. Le développement de cette technologie nécessite des capitaux importants, qui proviennent à la fois d'investissements publics et privés.

Plusieurs ministères financent d'ores et déjà l'implémentation de l'IA dans le réseau de la santé tels le ministère de la Santé et des services sociaux (MSSS), le Secrétariat du Conseil du trésor et le ministère de l'Économie, de l'Innovation et de l'Énergie. L'IA bénéficie par ailleurs de financement parapublic par l'entremise de fonds de recherche publics et de fonds publics d'investissement, comme le Fonds de recherche du Québec (FRQ), Investissement Québec et la Caisse de dépôt et placement du Québec (CDPQ) [65]. À cela s'ajoute la participation de nombreux chercheurs universitaires et d'établissements de santé du réseau de la santé et des services sociaux (RSSS). Sans toujours prendre la forme d'un financement direct, le gouvernement du Québec offre de nombreux avantages aux entreprises d'IA s'établissant dans la province, comme des politiques fiscales avantageuses, des subventions et des contrats publics [66].

L'intelligence artificielle est un secteur d'investissement relativement nouveau, et l'investissement privé qui s'y effectue s'inscrit donc souvent dans une perspective de croissance. Les leaders au Québec dans ce domaine offrent des modèles d'affaires variés, dont ceux d'accélérateurs et d'incubateurs, de grandes entreprises numériques et pharmaceutiques, des fonds de capital de risque ou encore de jeunes pousses. Une tendance se dessine quant à la manière de distribuer les fonds publics entre les différents projets de recherche en IA. L'essentiel des fonds gouvernementaux est investi au sein de consortiums privés, qui réinvestissent ces sommes dans divers projets de recherche ou jeunes pousses selon leur propre politique d'investissement. Les trois principaux consortiums auquel recourt le gouvernement du Québec sont Scale AI, MEDTEQ, et le Consortium québécois sur la découverte du médicament (CQDM) [65].

Cette structure de financement soulève plusieurs enjeux. Les états financiers des consortiums mentionnés ne sont pas

d'ordre public, ce qui rend difficile, voire impossible, le suivi de leurs investissements. Ainsi, les projets de recherche ayant bénéficié des fonds publics ne sont pas connus. Ce manque de transparence est questionnable dans le domaine de l'IA en particulier, où les promesses sont grandes, mais où les résultats demeurent à démontrer. Cet enjeu est d'autant plus problématique que les objectifs des investissements de ces sociétés peuvent être désalignés avec ceux de la population québécoise. Ce sont les entreprises privées qui décident les projets d'IA dans lesquels elles injectent des fonds, ce qui leur procure une influence importante sur la vision et la direction du développement de l'IA en santé. Souvent, ces dernières

LE MSSS GAGNERAIT À AVOIR SA PROPRE POLITIQUE D'INVESTISSEMENT AXÉE SUR LA PRÉVENTION ET LA DIMINUTION DES COÛTS EN SANTÉ PLUTÔT QUE SUR DES TECHNOLOGIES COÛTEUSES OU NON IMPLÉMENTABLES DANS LE RÉSEAU PUBLIC.

ont une optique axée d'abord sur le profit, l'innovation et la commercialisation. Des études notent à ce titre que les fonds sont concentrés dans certains secteurs de la santé bien précis qui risquent d'augmenter les coûts des soins de santé [67]. Ce fardeau fiscal supplémentaire ne retombera pas sur les épaules des consortiums d'investissement, mais sur celles du ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS), qui compose déjà depuis quelques années avec une explosion des coûts. Le MSSS gagnerait à avoir sa propre politique d'investissement axée sur la prévention et la diminution des

coûts en santé plutôt que sur des technologies coûteuses ou non implémentables dans le réseau public.

Plusieurs grandes entreprises pharmaceutiques et numériques tentent de s'emparer du secteur de l'IA en santé afin d'en privatiser les connaissances. Puisque la recherche en IA nécessite énormément de capitaux, les chercheurs ne peuvent pas financer leurs travaux exclusivement avec des investissements publics. Ainsi, ces derniers concluent souvent des ententes avec des entreprises privées, comme Philips, Samsung, Microsoft, Alphabet (Google), Oracle [68] et différentes pharmaceutiques [69]. Dans le but de commercialiser leurs savoirs [70], celles-ci multiplient les brevets et rendent leurs banques de données inaccessibles aux publics [71]. Par conséquent, les bénéfices découlant de projets de recherche québécois sont majoritairement empochés par différentes compagnies privées, malgré d'importants investissements publics. Une autre forme de subvention dont profitent les consortiums d'IA est le RSSS lui-même, dont la phénoménale production de données sur la santé des Québécois constitue une véritable mine d'or, de même que ses équipes multidisciplinaires et infrastructures.

LE FINANCEMENT PUBLIC ET L'ACCÈS AUX DONNÉES DU RÉSEAU CONSTITUENT L'OXYGÈNE DES PROJETS D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE;

CELA DIT, IL APPARAÎT RAISONNABLE QUE LES INNOVATIONS QUI EN DÉCOULENT RELÈVENT ELLES AUSSI DU DOMAINE PUBLIC, ET LES PROJETS QUI VONT EN CE SENS DEVRAIENT ÊTRE PRIORISÉS PAR RAPPORT À DES PROJETS QUI PRIVATISENT LES CONNAISSANCES.

Voilà des caractéristiques alléchantes pour quiconque cherche des milieux cliniques où tester ses innovations encore souvent embryonnaires. Ainsi, plusieurs spécialistes considèrent que le RSSS est exploité sans en tirer un profit mesurable.

Le financement public et l'accès aux données du réseau constituent l'oxygène des projets d'intelligence artificielle; cela dit, il apparaît raisonnable que les innovations qui en découlent relèvent elles aussi du domaine public, et les projets qui vont en ce sens devraient être priorisés par rapport à des projets qui privatisent les connaissances. Des progrès importants doivent être faits à ce niveau; en témoigne le manque du financement du FRQS (le fonds spécialisé en santé du Fonds de recherche du Québec), qui constitue le seul fonds à vocation d'abord scientifique parmi ceux financés par le gouvernement. En moyenne, les 69 projets de recherche financés par ce programme reçoivent 70 000 \$ chacun, contre 1,97 million de dollars pour les projets de MEDTEQ et du CQDM [65]. Par ailleurs, le manque de transparence de ces investissements soulève des inquiétudes, surtout dans un milieu que des experts qualifient de « réseau tricoté serré » [72]. Certains acteurs sont impliqués dans de nombreuses organisations, contrôlant à la fois la majorité des fonds privés et publics. Il peut exister des liens très étroits entre les personnes qui financent et celles qui reçoivent les fonds. Par exemple, huit des entreprises membres du conseil d'administration de MEDTEQ et du CQDM sont directement impliquées dans des projets financés par des fonds publics [65]. Cette apparence de conflit d'intérêts est inquiétante, et ne serait pas tolérée dans d'autres domaines où le Québec investit.

L'implantation de l'IA dans le système de santé soulève finalement des enjeux liés à la rémunération à l'acte des médecins. L'investissement et le développement inégaux des technologies d'IA entre les différentes spécialités médicales pourraient amplifier les disparités de salaire entre celles-ci, notamment entre les médecins généralistes et les médecins spécialistes. Les développements technologiques récents en ophtalmologie illustrent bien cet enjeu. Grâce à de nouvelles méthodes opératoires, la chirurgie des cataractes, qui prenait jusqu'à 45 minutes il y a quelques années, n'en prend plus que 15 aujourd'hui. Le nombre d'actes que peut poser un ophtalmologiste en une journée a ainsi augmenté de manière exponentielle sans que la rémunération liée à cet acte soit révisée. Il s'agit d'une des raisons pourquoi l'ophtalmologie est devenue la spécialité la plus payante au Québec en 2015 [73], secondée par la radiologie, qui connaît elle aussi son lot d'innovations technologiques. Une réévaluation de la rémunération des spécialistes pour qui l'IA transforme fondamentalement leur travail apparaît inévitable.

RECOMMANDATIONS

L'intelligence artificielle est vouée à occuper une plus grande place dans le réseau de la santé. Ce n'est toutefois pas une raison d'ignorer les enjeux réels qu'elle pose en matière d'efficacité et de sécurité, ni d'évacuer les questions qu'elle soulève en matière de financement et d'enjeux éthiques. L'attitude de notre Fédération par rapport à l'intelligence artificielle pourrait être qualifiée d'optimisme prudent : nous croyons que l'IA a le potentiel de pallier certains enjeux auxquels le réseau est confronté, du moment que des mécanismes d'évaluation de la qualité et de protection du patient sont mis en place. Nos recommandations en matière d'approbation se veulent à ce titre pragmatiques et adaptées au contexte québécois. Alors que le rôle de l'intelligence artificielle dans le réseau de la santé n'est pas encore cimenté, le moment nous paraît tout indiqué pour réfléchir aux priorités que nous mettrons de l'avant dans le développement de cette technologie. La pertinence clinique, la réduction des coûts, la libre circulation des connaissances et la représentativité de la population nous paraissent tous des éléments garants d'une stratégie d'investissement et de recherche réussie.

C'est ainsi que la FMEQ formule les recommandations suivantes aux **facultés de médecine du Québec** :

1. Intégrer dans le cursus universitaire un module sur l'utilisation critique et adéquate de l'IA par le personnel soignant;
2. Encourager l'implication d'experts en intelligence artificielle comme membres des comités d'éthique et de recherche (CÉR) des centres hospitaliers universitaires;

La FMEQ formule les recommandations suivantes au **ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS)** :

1. Accélérer la transition des dossiers papier vers un dossier médical centralisé numérique;
2. Suivre le développement du processus d'approbation des technologies d'intelligence artificielle en santé par Santé Canada;
3. Appuyer la création d'une voie d'approbation francophone par Santé Canada, voire envisager la création d'un processus d'approbation propre au Québec;
4. Établir un comité permanent au sein de l'Institut national d'excellence en santé et en services sociaux (INESSS) dans le but d'évaluer l'efficacité des programmes d'intelligence artificielle utilisés dans le réseau de santé québécois;
5. Mettre à la disposition des comités d'éthique et de recherche (CÉR) des centres hospitaliers des experts en intelligence artificielle qu'ils peuvent contacter pour évaluer des projets pilotes dans leur établissement;
6. Développer une politique et stratégie d'investissement indépendante des fonds privés gérés par l'industrie;
7. Prioriser le financement de projets d'intelligence artificielle à vocation scientifique et s'inscrivant dans le domaine public, notamment par l'entremise du fonds spécialisé en santé du Fonds de recherche du Québec (FRQS);
8. Vérifier que les projets d'intelligence artificielle financés soient entraînés sur des échantillons qui représentent la diversité de la population québécoise.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] IBM Data and IA Team, « Understanding the different types of artificial intelligence - IBM Blog », IBM. Consulté le: 31 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.ibm.com/blog/understanding-the-different-types-of-artificial-intelligence/>
- [2] Rockwell Anyoha, « The History of Artificial Intelligence », Science in the News, Harvard University The Graduate School of Arts and Sciences. Consulté le: 31 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://sitn.hms.harvard.edu/flash/2017/history-artificial-intelligence/>
- [3] « Forum IA Québec ». Consulté le: 26 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://forumia.quebec/intelligence-artificielle>
- [4] T. Davenport et R. Kalakota, « The potential for artificial intelligence in healthcare », Future Healthc. J., vol. 6, no 2, p. 94-98, juin 2019, doi: 10.7861/futurehosp.6-2-94.
- [5] M. Schreiner, « GPT-4 architecture, datasets, costs and more leaked », THE DECODER. Consulté le: 26 janvier 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://the-decoder.com/gpt-4-architecture-datasets-costs-and-more-leaked/>
- [6] P. Callier et O. Sandel, « De l'intelligence artificielle à son application en médecine », Actual. Pharm., vol. 60, no 611, p. 18-20, déc. 2021, doi: 10.1016/j.actpha.2021.10.005.
- [7] I. Goodfellow, Y. Bengio, et A. Courville, Deep Learning. MIT Press, 2016. Consulté le: 31 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.deeplearningbook.org/>
- [8] S. K. Moulik, N. Kotter, et E. K. Fishman, « Applications of artificial intelligence in the emergency department », Emerg. Radiol., vol. 27, no 4, p. 355-358, 2020, doi: 10.1007/s10140-020-01794-1.
- [9] L'association canadienne des radiologistes, « Improving Access to Medical Imaging for Northern Communities », CAR - Canadian Association of Radiologists. Consulté le: 3 mars 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://car.ca/news/improving-access-to-medical-imaging-for-northern-communities/>
- [10] R. Aggarwal et al., « Diagnostic accuracy of deep learning in medical imaging: a systematic review and meta-analysis », NPJ Digit. Med., vol. 4, no 1, p. 65, avr. 2021, doi: 10.1038/s41746-021-00438-z.
- [11] H.-K. Yoon, H.-L. Yang, C.-W. Jung, et H.-C. Lee, « Artificial intelligence in perioperative medicine: a narrative review », Korean J. Anesthesiol., vol. 75, no 3, p. 202-215, juin 2022, doi: 10.4097/kja.22157.
- [12] G. Chenais, E. Lagarde, et C. Gil-Jardiné, « Artificial Intelligence in Emergency Medicine: Viewpoint of Current Applications and Foreseeable Opportunities and Challenges », J. Med. Internet Res., vol. 25, p. e40031, mai 2023, doi: 10.2196/40031.
- [13] J. Serebrin, « L'intelligence artificielle au service des urgences », La Presse, 30 décembre 2022. Consulté le: 3 mars 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.lapresse.ca/actualites/sante/2022-12-30/l-intelligence-artificielle-au-service-des-urgences.php>
- [14] P. Gravel, « L'intelligence artificielle à la rescousse du système de santé », Le Devoir, 10 juin 2019. Consulté le: 3 mars 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.ledevoir.com/societe/science/556361/l-intelligence-artificielle-a-la-rescousse-du-systeme-de-sante>
- [15] N. Stein et K. Brooks, « A Fully Automated Conversational Artificial Intelligence for Weight Loss: Longitudinal Observational Study Among Overweight and Obese Adults », JMIR Diabetes, vol. 2, no 2, p. e28, nov. 2017, doi: 10.2196/diabetes.8590.
- [16] gestion.web, « L'assurance télématique, c'est pour moi? », Bel Âge. Consulté le: 12 avril 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://lebelage.ca/droits-et-argent/finances/assurance-telematique-cest-pour-moi-0/>
- [17] S. Khurshid et al., « ECG-Based Deep Learning and Clinical Risk Factors to Predict Atrial Fibrillation », Circulation, vol. 145, no 2, p. 122-133, janv. 2022, doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.121.057480.
- [18] L. Wewetzer, L. A. Held, et J. Steinhäuser, « Diagnostic performance of deep-learning-based screening methods for diabetic retinopathy in primary care-A meta-analysis », PLoS One, vol. 16, no 8, p. e0255034, 2021, doi: 10.1371/journal.pone.0255034.
- [19] « Accueil - Choosing Wisely Canada ». Consulté le: 12 avril 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://choisiravecsoin.org/>
- [20] M. P. McRae et al., « Managing COVID-19 With a Clinical Decision Support Tool in a Community Health Network: Algorithm Development and Validation », J. Med. Internet Res., vol. 22, no 8, p. e22033, août 2020, doi: 10.2196/22033.
- [21] R. B. Parikh et al., « Clinician perspectives on machine learning prognostic algorithms in the routine care of patients with cancer: a qualitative study », Support. Care Cancer Off. J. Multinat. Assoc. Support. Care Cancer, vol. 30, no 5, p. 4363-4372, mai 2022, doi: 10.1007/s00520-021-06774-w.
- [22] M.-E. Cousineau, « Les médecins de famille croulent sous la paperasse », Le Devoir. Consulté le: 12 avril 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.ledevoir.com/societe/sante/772168/sante-les-medecins-de-famille-croulent-sous-la-paperasse>
- [23] A. Apornak, S. Raissi, A. Keramati, et K. Khalili-Damghani, « Human resources optimization in hospital emergency using the genetic algorithm approach », Int. J. Healthc. Manag., vol. 14, no 4, p. 1441-1448, oct. 2021, doi: 10.1080/20479700.2020.1763236.
- [24] S. Abbasgholizadeh Rahimi et al., « Application of Artificial Intelligence in Community-Based Primary Health Care: Systematic Scoping Review and Critical Appraisal », J. Med. Internet Res., vol. 23, no 9, p. e29839, sept. 2021, doi: 10.2196/29839.
- [25] A. Tang et al., « Canadian Association of Radiologists White Paper on Artificial Intelligence in Radiology », Can. Assoc. Radiol. J., vol. 69, no 2, p. 120-135, mai 2018, doi: 10.1016/j.carj.2018.02.002.
- [26] L. Sun, C. Yin, Q. Xu, et W. Zhao, « Artificial intelligence for healthcare and medical education: a systematic review », Am J Transl Res, vol. 15, no 7, p. 4820-4828, juill. 2023.
- [27] A. M. Fazlollahi et al., « Effect of Artificial Intelligence Tutoring vs Expert Instruction on Learning Simulated Surgical Skills Among

- Medical Students: A Randomized Clinical Trial », *AMA Netw Open*, vol. 5, no 2, févr. 2022, doi: 10.1001/jamanetworkopen.2021.49008.
- [28] J. D. Bric, D. C. Lumbard, M. J. Frelich, et J. C. Gould, « Current state of virtual reality simulation in robotic surgery training: a review », *Surg. Endosc.*, vol. 30, no 6, p. 2169-2178, juin 2016, doi: 10.1007/s00464-015-4517-y.
- [29] E. Bilgic et al., « Exploring the roles of artificial intelligence in surgical education: A scoping review », *Am. J. Surg.*, vol. 224, no 1, p. 205-216, juill. 2022, doi: 10.1016/j.amjsurg.2021.11.023.
- [30] J. Vozenilek, J. S. Huff, M. Reznec, et J. A. Gordon, « See One, Do One, Teach One: Advanced Technology in Medical Education », *Acad. Emerg. Med.*, vol. 11, no 11, p. 1149-1154, nov. 2004, doi: 10.1197/j.aem.2004.08.003.
- [31] D. Hughes, *La transformation numérique du réseau de la santé et des services sociaux en vue d'intégrer l'intelligence artificielle - Une perspective éthique*. Québec, 2023. Consulté le: 6 mars 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/4700916>
- [32] M. Crête, « Fini le «fax» dans le réseau de la santé d'ici 2023, dit Caire », *Le Devoir*, Québec, 4 juin 2019. [En ligne]. Disponible à: <https://www.ledevoir.com/politique/quebec/555956/caire-promet-la-fin-du-telecopieur-en-sante-d-ici-2023>
- [33] A. Allard, « Sortir le fax de nos établissements de santé », *La Presse*, 27 juin 2023. Consulté le: 26 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.lapresse.ca/debats/opinions/2023-06-27/sortir-le-fax-de-nos-etablissements-de-sante.php>
- [34] Éditeur officiel du Québec, *Loi modifiant l'organisation et la gouvernance du réseau de la santé et des services sociaux notamment par l'abolition des agences régionales*. 2015. Consulté le: 8 avril 2024. [En ligne]. Disponible à: https://www.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/fileadmin/Fichiers_client/lois_et_reglements/LoisAnnuelles/fr/2015/2015C1F.PDF
- [35] L. Bouchard, « Le Dossier santé numérique et son écosystème : Résultats et recommandations du comité de travail multidisciplinaire du Dossier santé numérique ».
- [36] Fédération médicale étudiante du Québec, « Virage télémédecine au Québec : Comment optimiser son implantation post-pandémie », Montréal, 1 avril 2021. Consulté le: 7 mars 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://fmeq.ca/wp-content/uploads/2021/03/Memoiretelemedecine.pdf>
- [37] Gouvernement du Québec, « Dossier santé Québec », Gouvernement du Québec. Consulté le: 13 avril 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.quebec.ca/sante/vos-informations-de-sante/dossier-sante-quebec>
- [38] *La Presse canadienne*, « Québec choisit la firme américaine Epic pour créer son dossier santé numérique », Société Radio-Canada, 25 août 2023. Consulté le: 25 août 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/2006155/quebec-americaine-epic-dossier-sante-numerique>
- [39] É. Audy, L. Gamache, A. Gauthier, F. Lemétayer, S. Lessard, et A. Melançon, « Inégalités d'accès et d'usage des technologies numériques : un déterminant préoccupant pour la santé de la population? », Institut National de Santé Publique du Québec, juill. 2021. Consulté le: 23 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.inspq.qc.ca/publications/3148-inegalites-acces-usage-technologies-numeriques>
- [40] Commission de l'Éthique en science et en technologies, « La transformation numérique du réseau de la santé et des services sociaux en vue d'intégrer l'intelligence artificielle : UNE PERSPECTIVE ÉTHIQUE », p. 108, juill. 2023.
- [41] V. Harish, A. Ackery, K. Grant, T. Jamieson, et S. Mehta, « Cyberattacks on Canadian health information systems », *CMAJ Can. Med. Assoc. J.*, vol. 195, no 45, p. E1548-E1554, nov. 2023, doi: 10.1503/cmaj.230436.
- [42] L. Wasserman et Y. Wasserman, « Hospital cybersecurity risks and gaps: Review (for the non-cyber professional) », *Front. Digit. Health*, vol. 4, 2022, Consulté le: 25 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgh.2022.862221>
- [43] S. & Biggar, « Health Canada paving the way for more AI/ML medical devices », *Smart & Biggar*. Consulté le: 26 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.smartbiggar.ca/insights/publication/health-canada-paving-the-way-for-more-ai-ml-medical-devices>
- [44] S. Benjamins, P. Dhunoo, et B. Meskó, « The state of artificial intelligence-based FDA-approved medical devices and algorithms: an online database », *Npj Digit. Med.*, vol. 3, no 1, Art. no 1, sept. 2020, doi: 10.1038/s41746-020-00324-0.
- [45] K. N. Vokinger et U. Gasser, « Regulating AI in medicine in the United States and Europe », *Nat. Mach. Intell.*, vol. 3, no 9, p. 738-739, sept. 2021, doi: 10.1038/s42256-021-00386-z.
- [46] « FACT SHEET: President Biden Issues Executive Order on Safe, Secure, and Trustworthy Artificial Intelligence ». Consulté le: 1 janvier 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2023/10/30/fact-sheet-president-biden-issues-executive-order-on-safe-secure-and-trustworthy-artificial-intelligence/>
- [47] F. Zanca, C. Brusasco, F. Pesapane, Z. Kwade, R. Beckers, et M. Avanzo, « Regulatory Aspects of the Use of Artificial Intelligence Medical Software », *Semin. Radiat. Oncol.*, vol. 32, no 4, p. 432-441, oct. 2022, doi: 10.1016/j.semradonc.2022.06.012.
- [48] H. Canada, « Good machine learning practice for medical device development: Guiding principles ». Consulté le: 26 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-health-products/medical-devices/good-machine-learning-practice-medical-device-development.html>
- [49] « IMPLANTATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LE SECTEUR CANADIEN DE LA SANTÉ : TROUSSE DE DÉPART ». Consulté le: 26 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: https://www.healthcareexcellence.ca/media/z3adckiz/20211208_aireport_fr.pdf
- [50] « Composition - Éthique de la recherche - Professionnels de la santé - MSSS ». Consulté le: 26 janvier 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.msss.gouv.qc.ca/professionnels/ethique/ethique-de-la-recherche/composition/>
- [51] « COMITÉ D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE CHU DE QUÉBEC – UNIVERSITÉ LAVAL Liste des membres ». Consulté le: 26 janvier 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.chudequebec.ca/getmedia/3f89dff8-2d6e-4843-9dba-992a877f044c/CER-CHU-de-Quebec-Universite-Laval-membres-2022-10-04.aspx>
- [52] « Baromètre de maturité de l'IA dans les CHU ». Consulté le: 26 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://cdn.ey.com/>

echannel/fr/Industries/ey-barometre-de-maturite-de-l-ia-dans-les-chu.pdf

- [53] « INESSS », INESSS. Consulté le: 26 janvier 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.inesss.qc.ca/>
- [54] « Téléépistage de la rétinopathie diabétique à l'aide d'une solution d'intelligence artificielle ». Consulté le: 26 janvier 2024. [En ligne]. Disponible à: https://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/Rapports/Technologies/INESSS_IA_TDRD_EC.pdf
- [55] « Plan triennal d'activités 2022-2025 ». Consulté le: 26 janvier 2024. [En ligne]. Disponible à: https://www.inesss.qc.ca/fileadmin/doc/INESSS/DocuAdmin/INESSS_PTA_2022_2025_VF_220719.pdf
- [56] Légis Québec, Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels, vol. A-2.1. Consulté le: 2 mars 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/A-2.1?&cible=>
- [57] Légis Québec, Loi sur la protection des renseignements personnels dans le secteur privé, vol. P-39.1. Consulté le: 2 mars 2024. [En ligne]. Disponible à: <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/lc/P-39.1%20/>
- [58] B. Murdoch, « Privacy and artificial intelligence: challenges for protecting health information in a new era », *BMC Med. Ethics*, vol. 22, no 1, p. 122, sept. 2021, doi: 10.1186/s12910-021-00687-3.
- [59] Légis Québec, Chapitre M-9, r. 17 Code de déontologie des médecins. Consulté le: 31 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/m-9,%20r.%20r.%2017>
- [60] Collège des médecins du Québec, « Survol des dossiers qui mobilisent le CA du CMQ », Collège des médecins du Québec. Consulté le: 31 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.cmq.org/fr/actualites/survol-dossiers-ca>
- [61] Collège des médecins du Québec, Guide d'exercice : Le médecin et la recherche clinique. 2022. Consulté le: 31 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://cms.cmq.org/files/documents/Guides/p-1-2021-04-19-fr-medecin-recherche-cliniquevred.pdf>
- [62] « The NHS AI Lab », NHS Transformation Directorate. Consulté le: 31 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://transform.england.nhs.uk/ai-lab/>
- [63] R. Y. Coley, E. Johnson, G. E. Simon, M. Cruz, et S. M. Shortreed, « Racial/Ethnic Disparities in the Performance of Prediction Models for Death by Suicide After Mental Health Visits », *JAMA Psychiatry*, vol. 78, no 7, p. 726-734, juill. 2021, doi: 10.1001/jamapsychiatry.2021.0493.
- [64] L. Lomazzi, M. Lavoie-Moore, et J. Gélinas, Financer l'intelligence artificielle, quelles retombées économiques et sociales pour le Québec ? Montréal: Institut de recherche et d'informations socioéconomiques, 2019. Consulté le: 13 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: https://iris-recherche.qc.ca/wp-content/uploads/2021/03/Intelligence_artificielle_IRIS_WEB4.pdf
- [65] M. Lavoie-Moore, « Portrait de l'intelligence artificielle en santé au Québec. Propositions pour un modèle d'innovation au profit des services et des soins de santé publics », Institut de recherche et d'informations socioéconomiques. Consulté le: 26 novembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://iris-recherche.qc.ca/publications/intelligence-artificielle-sante/>
- [66] É. N. Duhaime, « L'économie numérique et les enjeux du transfert technologique au Québec », Institut de recherche en économie contemporaine, IREC, sept. 2023. Consulté le: 13 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://irec.quebec/publications/rapports-de-recherche/leconomie-numerique-et-les-enjeux-du-transfert-technologique-au-quebec>
- [67] A. Motulsky, J.-N. Nikiema, et P. Després, « Promesses de l'IA en santé », Observatoire international sur les impacts sociétaux de l'IA et du numérique (OBVIA), 2022. Consulté le: 13 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.docdroid.com/OGelz8c/promesses-de-lia-en-sante-pdf>
- [68] CBINSIGHT, « The Big Tech in Healthcare Report: How Amazon, Google, Microsoft, Apple, & Oracle are fighting for the \$11T market », CB Insights Research. Consulté le: 3 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.cbinsights.com/research/report/famga-big-tech-healthcare/>
- [69] N. Grover et M. Coulter, « Insight: Big Pharma bets on AI to speed up clinical trials », Reuters, 22 septembre 2023. Consulté le: 13 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: <https://www.reuters.com/technology/big-pharma-bets-ai-speed-up-clinical-trials-2023-09-22/>
- [70] OECD, Health Data Governance for the Digital Age: Implementing the OECD Recommendation on Health Data Governance. OECD, 2022. doi: 10.1787/68b60796-en.
- [71] J. Manyika et al., Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity, McKinsey Global Institute. United States: McKinsey Global Institute, 2011. Consulté le: 13 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/mckinsey%20digital/our%20insights/big%20data%20the%20next%20frontier%20for%20innovation/mgi_big_data_full_report.pdf
- [72] M. Colleret et Y. Gingras, L'intelligence artificielle au Québec : un réseau tricoté serré. Montréal: Centre interuniversitaire de recherche sur la science et la technologie, 2020. Consulté le: 13 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: https://cirst2.openum.ca/files/sites/179/2020/12/Note_2020-07_IA.pdf
- [73] D. Contandriopoulos et A. Brousselle, « Analyse des impacts de la rémunération des médecins sur leur pratique et la performance du système de santé au Québec », Fonds de recherche du Québec, Montréal, 2021. Consulté le: 13 décembre 2023. [En ligne]. Disponible à: https://frq.gouv.qc.ca/app/uploads/2021/05/2015_d.contandriopoulos_remun-med_resume.pdf