

**Haute Ecole
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC**



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

**« Comment l'intelligence artificielle permet d'améliorer la gestion
du service en radiologie en Belgique ? »**

Mémoire présenté par :
Inès NYIRAKANYANA

Pour l'obtention du diplôme :
Master en Gestion de l'entreprise

Promoteur :
Dr. Sed SAAD

Boulevard Brand Whitlock 6 – 1150 Bruxelles

**Haute Ecole
Groupe ICHEC – ECAM – ISFSC**



Enseignement supérieur de type long de niveau universitaire

**« Comment l'intelligence artificielle permet d'améliorer la gestion
du service en radiologie en Belgique ? »**

Mémoire présenté par :
Inès NYIRAKANYANA

Pour l'obtention du diplôme :
Master en Gestion de l'entreprise

Promoteur :
Dr. Sed SAAD

Boulevard Brand Whitlock 6 – 1150 Bruxelles

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont accompagné tout au long de mes études au sein de l'ICHEC Brussels Management School. Tout d'abord, le corps enseignement et plus particulièrement toute l'équipe responsable des cours d'AIP qui nous ont donné les ressources et les capacités nécessaires afin de pouvoir écrire un mémoire aujourd'hui. Je tiens à mentionner ma personne relais monsieur Huart qui m'a aidé à me lancer dans l'écriture de ce mémoire, chose qui n'était pas facile.

Je tiens également à remercier mon promoteur le Dr. Sed SAAD qui m'a donné cet intérêt pour l'intelligence artificielle durant ses cours et qui a accepté de m'accompagner tout au long de l'écriture de ce travail. J'ai une pensée également pour le Dr. Sergey Morozov et le Dr. Lieven Van Hoe qui ont consacré du temps pour répondre à mes questions mais qui m'ont également donné des pistes à suivre afin d'aller plus loin dans ce mémoire.

Il est important pour moi de remercier mes parents, Marie-Joséphine et Nino, qui m'ont toujours soutenu tout au long de mes études et qui ont su trouver les mots lorsque ça devenait difficile. Je remercie aussi mon petit frère qui a su m'encourager dans les bons et mauvais moments.

L'écriture de ce mémoire n'aurait pas été ce qu'il est aujourd'hui sans les conseils de mes camarades de classe depuis la BAC 1, Ebène et Molly. Je remercie aussi mes amis, Olivia, Marie-Ange, et Jeremie pour leur soutien tout au long de mes années d'études.

Je ne peux pas citer tout le monde mais je remercie chaque personne qui a su me remonter le moral, me donner un petit mot d'encouragement lorsque ça devenait compliqué.

Engagement Anti-Plagiat du Mémoire

« Je soussigné, **NYIRAKANYANA Inès, 2021-2022**, déclare par la présente que le Mémoire ci-joint est exempt de tout plagiat et respecte en tous points le règlement des études en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses signé lors de mon inscription à l'ICHEC, ainsi que les instructions et consignes concernant le référencement dans le texte respectant la norme APA, la bibliographie respectant la norme APA, etc. mises à ma disposition sur Moodle.

Sur l'honneur, je certifie avoir pris connaissance des documents précités et je confirme que le Mémoire présenté est original et exempt de tout emprunt à un tiers non-cité correctement. »

Dans le cadre de ce dépôt en ligne, la signature consiste en l'introduction du mémoire via la plateforme ICHEC-Student.

Table des matières

| | | |
|------|---|----|
| I. | Introduction générale..... | 1 |
| II. | Analyse de la littérature | 4 |
| 1. | Introduction | 4 |
| 2. | Définition de l'intelligence artificielle..... | 4 |
| 2.1. | Définition..... | 4 |
| 2.2. | Historique..... | 6 |
| 2.3. | L'intelligence artificielle aujourd'hui | 7 |
| 3. | L'intelligence artificielle dans le milieu médical..... | 9 |
| 3.1. | Le rôle du médecin | 12 |
| 3.2. | L'intelligence artificielle dans l'imagerie médicale..... | 13 |
| 4. | Conclusion..... | 16 |
| III. | Méthodologie..... | 18 |
| 1. | Introduction | 18 |
| 2. | Problématique..... | 19 |
| 2.1. | Question de recherche..... | 19 |
| 2.2. | Hypothèses..... | 20 |
| 3. | Méthodes de récolte de données | 21 |
| 4. | Conclusion..... | 22 |
| IV. | Discussion | 23 |
| 1. | Introduction | 23 |
| 2. | Projet russe : URIS..... | 24 |
| 2.1. | Belgique vs. Russie..... | 24 |
| 2.2. | Projet russe | 26 |
| 3. | Etats des lieux en Belgique | 29 |
| 4. | Problèmes d'éthique | 32 |
| 5. | Présentation et interprétation des résultats | 34 |
| 5.1. | La charge de travail..... | 34 |
| 5.2. | L'affinité avec l'intelligence artificielle | 35 |
| 5.3. | Impact de l'intelligence artificielle..... | 36 |
| 5.4. | Analyse des résultats | 37 |
| 6. | Validation ou invalidation des hypothèses | 40 |
| 6.1. | Hypothèse numéro 1 : | 40 |
| 6.2. | Hypothèse numéro 2 : | 41 |
| 6.3. | Hypothèse numéro 3 : | 41 |

| | | |
|------|---|----|
| 7. | Conclusion..... | 43 |
| V. | Conclusion, recul critique et limites | 44 |
| VI. | Bibliographie | 50 |
| VII. | Compléments bibliographiques | 53 |

I. Introduction générale

Aujourd’hui, nous sommes dans une ère numérique, ce que les scientifiques appellent aussi la 4^{ème} Révolution Industrielle. Pour la plupart, nous ressentons sans cesse le besoin d’être connectés partout et tout le temps. Cette hyperconnectivité a fait place à un nouveau phénomène : les consommateurs veulent tout et tout de suite. C’est devenu la nouvelle normalité. Et aucun secteur n’échappe à la règle, ni même le secteur médical.

Dans le cadre de mon master en gestion de l’entreprise, j’ai choisi la thématique de l’intelligence artificielle dans le milieu médical. Dans le cadre de ma formation en gestion d’entreprise, j’ai eu la chance d’étudier différents sujets tels que la finance, le marketing ou encore le droit des affaires. Mais c’est lors de mon cours intitulé « International Business and Management » que j’ai eu la chance d’en apprendre un peu plus sur l’intelligence artificielle. C’est un sujet qui m’a tout de suite passionné et je savais que je voudrais écrire mon mémoire dessus. C’est omniprésent et partout autour de nous. Pourtant, c’est un sujet sur lequel les gens sont très peu informés et c’est dommage car cela suscite des craintes dans leurs têtes. C’est pour cela que j’ai décidé d’aborder la thématique de l’intelligence artificielle dans le milieu médical. Ce choix n’est pas anodin. Il y a des secteurs dans lesquels il est clair que l’intelligence artificielle a sa place et apporte de nombreux bénéfices tels que dans le marketing ou en comptabilité par exemple. Les personnes qui travaillent dans ces domaines sont habituées à travailler à l’aide de logiciels ou d’algorithmes intelligents afin d’accroître le chiffre d’affaires de la société. Dans le milieu médical, les choses sont différentes. Bien que les hôpitaux aient besoin d’argent pour continuer à travailler, avoir un chiffre d’affaires élevé n’est pas leur priorité. Ils sont là avant tout pour soigner les patients, c’est l’être humain qui est au cœur de leur stratégie.

La plupart des recherches qui ont été menées jusqu’à présent ont été très prometteuses dans les hôpitaux partout dans le monde. A tel point qu’il y a de plus en plus d’entreprises qui se développent afin de pouvoir offrir des solutions en intelligence artificielle pour les hôpitaux, comme Osimis qui est une entreprise belge qui met en contact les hôpitaux avec les différents vendeurs sur le marché afin d’acquérir des plateformes destinées à l’imagerie médicale. Bien que l’intelligence artificielle ne date pas d’hier, de nombreux projets sont encore à la forme pilote et il est assez difficile d’implémenter l’intelligence artificielle en Belgique. Le milieu hospitalier étant vaste, pour pouvoir aborder l’intelligence artificielle dans ce milieu j’ai décidé de me concentrer sur une branche, qui est la radiologie. D’après les recherches que j’ai effectuées, la radiologie est le département pour lequel l’intelligence artificielle réalise d’incroyables exploits.

En effectuant mes recherches, j’ai identifié un problème. L’intelligence artificielle semble être quelque chose de prometteur dans toutes les industries. Et cela a également été prouvé dans le milieu médical. Cependant, ceci est vrai en théorie mais en pratique c’est autre chose. Les hôpitaux en Belgique utilisent très peu voire pas du tout cette nouvelle technologie malgré qu’ils soient conscients des bienfaits de l’intelligence artificielle dans le milieu. De ce fait, c’est pour cela que j’ai identifié la question de recherche suivante :

« Comment l'intelligence artificielle permet d'améliorer la gestion du service en radiologie en Belgique ? »

Tout au long de ce mémoire, je vais suivre un fil conducteur afin de pouvoir répondre à cette question de recherche. Pour ce faire, ce travail est divisé en trois parties principales : la revue de la littérature, la méthodologie et la discussion. Comme dans tout travail académique, ce mémoire commencera par une introduction générale et se clôturera par la conclusion générale dans laquelle j'évoquerai aussi un recul critique et par rapport aux résultats obtenus ainsi que les limites de ce travail. Etant donné que je trouve que l'intelligence artificielle n'est pas un sujet bien connu de la plupart des gens, je commence l'analyse littéraire par une définition et l'historique de l'intelligence artificielle. C'est important de comprendre comment l'intelligence artificielle est apparue pour pouvoir accepter le changement. Faisant des études en gestion d'entreprise, j'ai consacré une petite partie pour parler de l'intelligence artificielle en entreprise et comment elle est implémentée et utilisée afin de répondre aux nouveaux besoins stratégiques des entreprises. Après ça, j'aborde l'intelligence artificielle dans le milieu médical. Dans cette partie j'explique comment l'intelligence artificielle peut être utilisée dans le milieu médical, et plus précisément dans en radiologie. Pour pouvoir mieux comprendre le sujet, il était important que j'explique comment fonctionne l'imagerie médicale. Avec les craintes suscitées par l'intelligence artificielle, j'aborde également la place du médecin avec ces nouvelles technologies et comment il les utilise quotidiennement.

L'analyse de la littérature permet d'introduire les différents concepts de la question de recherche. Il est important de comprendre les différents concepts de la question de recherche et de voir ce que la littérature dit sur les sujets. En comprenant ce que la littérature dit sur les différents concepts, il sera plus facile pour nous de comprendre la situation actuelle ainsi que les enjeux. Et ainsi nous pourrons répondre à la question. Pour rédiger la revue de la littérature, j'ai utilisé différentes sources telles que des sites internet, des ouvrages ainsi que des informations complémentaires qui m'ont été fournis par lors de mes différentes interviews. Lors de mon stage chez Accenture, j'ai pu avoir accès à de la documentation interne liés à des projets déjà menés par l'entreprise auprès d'entreprises afin de s'adapter à la demande du marché.

La seconde partie traitera de la méthodologie. Cette partie explique la façon dont j'ai travaillé pour pouvoir répondre à la question de recherche. Je commence par rappeler la question de recherche à laquelle nous tenterons de répondre. C'est dans cette partie que j'énonce aussi les différentes hypothèses posées pour répondre à cette question. A la suite de ce chapitre, je parle de la méthode de récolte de données. J'ai utilisé deux méthodes différentes : les entretiens semi-dirigés et un questionnaire distribué auprès des radiologues belges par le biais de la société belge de radiologie.

La troisième partie concerne la discussion sur le sujet. J'introduis cette partie avec la présentation d'un projet initié en Russie en 2012 nommé URIS. Ce projet a été lancé en 2015 par le sou le chef du Dr. Sergey Morozov faisant partie des personnes que j'ai interviewé. Ensuite, je fais un état des lieux concernant l'intelligence artificielle dans les hôpitaux belges. Dans cette partie, j'évoque également les problèmes d'éthiques. Après cela, je présente et j'interprète les résultats que j'ai obtenu grâce aux questionnaires et entretiens. Cette partie se termine avec la validation ou invalidation des hypothèses.

Les hypothèses pour répondre à la question de recherche sont les suivantes :

1. Certaines tâches pourraient être automatisées par les algorithmes, ce qui **diminuerait de la charge de travail des médecins**.
2. Avec l'intelligence artificielle qui est capable de lire les images, les patients pourraient obtenir des résultats plus rapidement car les algorithmes travaillent 24h/24. Et in fine, **améliorer la prise en charge des patients**.
3. Sur le long terme, l'implémentation de l'intelligence artificielle en radiologie permettrait de **réduire les coûts**.

J'ai écrit ces recommandations sur base de la revue littéraire et aux connaissances acquises.

Ce travail de recherche se terminera par la conclusion générale, le recul critique et les limites de ce travail. Dans cette conclusion, je reprendrai les éléments importants de ce travail afin de répondre à la question de recherche. Maintenant que j'ai établi le plan de ce travail, nous allons passer à l'analyse de la littérature.

N.B : Dans ce travail, je répète plusieurs le terme intelligence artificielle. J'utilise parfois son abréviation, AI, pour la désigner.

II. Analyse de la littérature

1. Introduction

Cette partie est dédiée à l'analyse de la littérature. Dans cette partie j'ai réuni toutes les recherches et sources que j'ai estimée pertinente pour ce mémoire. Ces recherches m'ont permis d'analyser les différents concepts de ma question de recherche. J'ai également pu faire un état des lieux de la situation actuelle concernant l'intelligence artificielle.

Pour rappel, la question de recherche est : « Comment l'intelligence artificielle permet d'améliorer la gestion du service en radiologie en Belgique ? »

Pour pouvoir répondre à la question de recherche, nous allons développer les concepts de la question de recherche. C'est pourquoi je commencerais par vous présenterais tout d'abord l'intelligence artificielle en général en donnant une définition et son historique. Je continuerai en abordant l'intelligence artificielle dans le milieu médical. Dans cette partie, je parlerais de la place du médecin au milieu de cette innovation. C'est important à aborder car il y a plusieurs interrogations qui se posent autour du rôle du médecin comme qui est responsable s'il y a une erreur qui est commise ou encore est-ce que l'intelligence artificielle viendra à remplacer un jour le médecin.

Le milieu médical étant très vaste, je parlerai de l'intelligence artificielle en radiologie. Je commence par expliquer comment fonctionne l'imagerie médicale pour pouvoir expliquer comment l'intelligence artificielle peut la rendre plus efficace.

Depuis plusieurs années, on a vu beaucoup de nouvelles tendances apparaître sur le marché de la santé. Et ce n'est que le début, les experts savent que les nouvelles technologies comme l'intelligence artificielle ont encore beaucoup de choses à apporter. Il y a de plus en plus de startups qui se développent afin d'explorer ces nouvelles technologies telles que l'intelligence artificielle mais aussi le machine learning et d'autres encore.

L'apparition de l'intelligence artificielle dans le milieu médical permet de régler des problèmes liés aux médecins, patients et à l'organisation générale d'un hôpital. Par exemple, l'intelligence artificielle permet de combler la pénurie de main d'œuvre dans les laboratoires. Selon une enquête menée par Accenture (2018), l'IA serait capable de combler 20% des demandes liés à l'industrie de la santé.

2. Définition de l'intelligence artificielle

2.1. Définition

Lorsque l'on parle de l'intelligence artificielle, beaucoup de personnes ont souvent une vague idée de ce qu'il s'agit mais elles ne sont pas capables de l'expliquer. En 2022, l'intelligence artificielle reste encore une notion assez floue pour un grand nombre de personnes. La réponse qui revient souvent c'est : "quelque chose qui a à voir avec les robots". Il n'existe pas de définition claire et précise de l'intelligence artificielle. Cela s'explique par le fait que c'est un champ d'étude interdisciplinaire réunissant entre autres l'informatique et les neurosciences (CTIC, 2015). Dans sa version la plus simple, on pourrait la définir comme l'intelligence des machines et des logiciels (CTIC, 2015). Les scientifiques pensent que l'intelligence humaine peut être analysée et que les machines et logiciels sont capables

de reproduire cette intelligence. Cela signifie qu'ils sont capables de reproduire des comportements propres aux êtres humains tels que raisonner, planifier et apprendre (Parlement Européen, 2020). L'intelligence artificielle sera formée de façon à entreprendre des actions afin d'atteindre un but précis. Mais comment cela fonctionne-t-il ?

L'algorithme s'entraîne grâce à des données déjà récoltées qu'il va analyser afin de comprendre les résultats et être capable de reproduire des résultats similaires, voire meilleurs. Au plus l'algorithme recevra des données, au plus il sera précis et sa marge d'erreur diminuera. Cependant, il est important de faire la distinction entre deux niveaux d'intelligence : l'intelligence artificielle faible et l'intelligence artificielle forte.

Selon le groupe NGI (2018), l'intelligence artificielle faible correspond à l'intelligence artificielle que l'on connaît, la plus répandue, dans sa forme la plus simple. Il s'agit de reproduire une tâche spécifique ou reproduire à l'identique des actions grâce à un programme informatique spécifique créé pour une tâche en particulier. Ce programme n'a donc pas la possibilité d'évoluer pour effectuer une autre tâche.

L'intelligence artificielle forte correspond, quant à elle, à produire l'intelligence humaine. C'est-à-dire analyser une situation, évaluer les différentes solutions possibles et prendre une décision en fonction du contexte. Cette forme d'intelligence est également subdivisée en deux sous-niveaux : le machine learning et le deep learning.

Le machine learning, en français équivaut à l'apprentissage automatique, c'est la capacité d'une machine à résoudre un problème grâce à diverses exemples donnés et sur base desquels elle a été capable de s'entraîner et d'apprendre (NGI, 2018). C'est le type d'intelligence artificielle que l'on retrouve le plus aujourd'hui. Par exemple, les suggestions proposées par les plateformes de streaming sur base de ce que vous avez écouté ou regardé. Le GPS également, etc. C'est aussi la forme la plus répandue dans le milieu médical mais je développerais cette partie un peu plus tard dans ce mémoire (NGI, 2018).

Le deuxième sous-niveau, c'est le deep learning. Nous pouvons le définir comme étant la suite du machine learning. Le deep learning, toujours grâce à l'analyse des données qui lui ont été données, sera capable de prévoir une évolution et de donner une prédiction pour le futur (NGI, 2018). Cette technologie est capable d'apprendre mais également capable d'apprendre de ses propres solutions et de s'améliorer. In fine, cette technologie serait capable d'apprendre d'évoluer de façon autonome. A l'heure actuelle, cette technologie est toujours en développement et en expérimentation mais selon les premiers résultats, elle est déjà très prometteuse et des grands géants américains ont déjà établi des partenariats (NGI, 2018).

Vous l'aurez compris, l'intelligence artificielle est très complexe. La littérature la divise également en différents champs d'application. Tout d'abord, il y a l'apprentissage automatique que je viens de mentionner. Il correspond à la façon dont la machine apprend. Ensuite, il y a la vision computer. Ce champ sert à analyser et interpréter des contenus visuels. C'est un point que je développerai plus tard dans le chapitre suivant car il est notamment utilisé dans l'imagerie médicale. Et pour finir il y a le traitement de langage naturel (TLN). Cette technologie, qui analyse la signification des mots, est à la base des assistants vocaux et des chatbots (Galouzi, 2019).

Dans l'apprentissage, il faut faire une distinction entre l'entraînement supervisé et non supervisé. Cependant, j'expliquerai ce point plus en détail dans le dernier chapitre de cette première partie qui concerne les problèmes éthiques liés à l'intelligence artificielle.

Pour ce faire, étant donné que c'est une machine, elle n'a pas besoin de repos ou de jour de congés. Elle est capable de fonctionner 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 et continue d'apprendre sans cesse. Mais comment est-ce que l'intelligence artificielle que l'on connaît aujourd'hui en est-elle arrivée là ? Nous allons maintenant nous pencher sur son histoire et ses débuts.

2.2. Historique

L'intelligence artificielle n'a pas toujours connu l'essor qu'elle vit aujourd'hui. Contrairement à ce que l'on peut croire, l'intelligence artificielle ne date pas d'hier. On retrouve les premières traces de ce qui s'apparente à de l'intelligence artificielle en 1950, dans un article d'Alan Turing intitulé : "Computing Machinery and Intelligence" (Blanchot, 2020). Dans cet article, il explore la possibilité de savoir si oui ou non une machine est consciente. C'est ce que l'on appelle aujourd'hui l'expérience de Turing. Mais ce n'est qu'en 1956 que l'intelligence artificielle sera reconnue comme une discipline scientifique lors d'une conférence à Dartmouth (Blanchot, 2020).

Petit à petit, le monde commence à s'intéresser à cette technologie d'un nouveau genre. Au milieu des années 60, plusieurs laboratoires commencent à ouvrir dans le monde (Blanchot, 2020). En 1974, l'IA subit une période creuse (Blanchot, 2020). Les gens commencent peu à peu à perdre leurs intérêts et abandonnent leurs projets car ils ne voient pas assez de résultats et ça commence à leur coûter cher. Ce n'est que dans les années 80 que l'intelligence artificielle regagne du terrain grâce aux systèmes experts (Blanchot, 2020). Ce sont des ordinateurs capables de se comporter comme des humains dans des domaines bien précis. Grâce à cette nouvelle avancée, les recherches en intelligence artificielle reprennent du terrain et poussent les gouvernements à investir dans les projets les plus prometteurs.

A partir de 1990, le monde connaît une croissance importante des performances informatiques, dont le développement exponentiel en particulier (Blanchot, 2020). Cette croissance permet à l'Intelligence artificielle d'explorer terrains encore inexplorés par manque de moyens. On explorera, notamment, le data mining (Blanchot, 2020). On retiendra particulièrement l'année 1997 qui marqua un tournant (Blanchot, 2020). Cette année-là, Deep Blue, un ordinateur créé par IBM, bat le champion du monde aux échecs, Garry Kasparov (Blanchot, 2020).

Depuis le début de l'an 2000, l'IA représente un enjeu majeur pour la société, et ce, dans tous les domaines. Notre société a connu un boom informatique avec l'apparition des ordinateurs personnels ainsi que des téléphones portables. C'est le début d'une ère numérique, et chaque jour on repousse les limites. A partir de 2010, c'est l'intelligence artificielle sans limites (Blanchot, 2020). Tout ce que les gens ont imaginé est réalisable. Après Deep Blue, c'est Watson qui fait des prouesses en gagnant un jeu télévisé (IBM, 2018).

Jusque-là, l'intelligence artificielle se contentait de reproduire des tâches. Mais pour avoir une réflexion ou donner une réponse la plus précise possible, l'algorithme a besoin de traiter des données afin d'apprendre celles-ci (Blanchot, 2020). C'est comme cela que le machine learning et le deep learning feront leur apparition. Avec ces deux nouvelles approches, l'IA bat encore des nouveaux records. Et beaucoup de projets décident de suivre cette voie.

2.3. L'intelligence artificielle aujourd'hui

Dans un monde de plus en plus informatisé, l'intelligence artificielle permet aux humains de repenser leur façon d'interagir avec le monde. Cette technologie permet aux personnes d'adopter un nouveau moyen d'intégrer les informations, de les analyser afin de prendre des meilleures décisions. Aujourd'hui en 2022, l'intelligence artificielle est au cœur de tous les enjeux. Elle fait partie intégrante de nos vies et on l'utilise bien plus qu'on ne le pense.

Il y a tellement d'outils que vous utilisez quotidiennement dont vous ne vous doutez peut-être pas qui fonctionnent grâce à l'intelligence artificielle. Tout d'abord il y a les gps. Il y a encore quelques années, mes parents utilisaient les cartes routières afin de trouver une adresse qu'ils ne connaissaient pas. Ce n'était pas le moyen le plus facile ni le plus rapide. Aujourd'hui, il vous suffit de choisir parmi toutes les applications disponibles et d'y entrer l'adresse et c'est parti. C'était une véritable révolution pour beaucoup d'industries, notamment pour les compagnies de transports. D'autant plus que le gps est même capable de nous montrer également où se situent les embouteillages en temps réel et de modifier notre itinéraire en cours de route.

Comme je l'ai dit précédemment, l'intelligence artificielle représente des enjeux pour tous et dans toutes les industries. A l'ICHEC, nous sommes formés afin d'être des managers responsables et ouverts au monde. Nous serons donc probablement amenés à devoir travailler avec l'intelligence artificielle dans nos différentes fonctions.

L'intelligence artificielle représente un énorme avantage concurrentiel pour les entreprises. Dans une ère où les consommateurs sont au cœur de toutes leurs stratégies marketing afin de leurs proposer des offres les plus personnalisées possible et où la concurrence ne cesse d'accroître, il est important pour les entreprises d'être capable de tirer leurs épingle du jeu. Le moyen le plus efficace afin d'atteindre leur goal c'est l'intelligence artificielle (Fonvirtual, 2021). Il est vrai que l'augmentation du volume de données ainsi que de la puissance du calcul ont permis à l'IA d'automatiser un certain nombre de processus, dont le machine learning qui a besoin de beaucoup de données pour être efficace (Filali, 2018). D'après mes recherches, l'intelligence artificielle intervient dans les entreprises sous différentes formes selon le département.

Tout d'abord dans l'industrie pour la fabrication des produits. On utilise l'intelligence artificielle faible afin d'automatiser les tâches répétitives pour permettre au personnel d'être affecté à des tâches plus complexes et qui demandent plus de temps (Fonvirtual, 2021). On la retrouve également dans la logistique. L'intelligence artificielle permet d'optimiser le stockage, le transport et la distribution en planifiant les tâches par exemple (Fonvirtual, 2021). Selon une étude d'Accenture menée en 2016, d'ici 2030 l'IA augmentera la productivité mondiale de 40% (Galouzi, 2019). C'est un chiffre non négligeable dans une période où la demande ne cesse d'augmenter.

A un autre niveau, on la retrouve beaucoup dans l'aide à la décision. L'intelligence artificielle, étant capable d'analyser et d'apprendre des données du passé, peut aider les gestionnaires à prendre les décisions les plus efficaces (Fonvirtual, 2021).

Au niveau du marketing, je ne vous apprendrais pas grand-chose. Les fameux cookies étudient vos navigations sur leurs sites internet afin de vous proposer des publicités personnalisées afin d'obtenir un taux d'engagement le plus élevé possible. C'est aussi le cas des sites de streaming qui sont capables de vous proposer des recommandations sur base de ce vous avez regardé ou écouté (Fonvirtual, 2021).

Pour terminer, j'aborderais le service clientèle. Je suis sûre que vous connaissez les assistants conversationnels, aussi appelés les chatbots. Cette technologie capable de discuter avec vous comme si vous étiez un véritable être humain est le résultat de l'intelligence artificielle.

Vous l'aurez compris, l'intelligence artificielle est au cœur de notre société et de nos entreprises. Elle est partout et permet à toutes les entreprises d'augmenter la productivité ainsi que leurs gains. Le monde entier connaît les bienfaits de cette technologie pourtant la Belgique semble avoir un train de retard en la matière. En Europe, elle se situe en 7e position en termes d'investissement pour l'IA (Galouzi, 2019). On estime que les enjeux professionnels pour la Belgique sont considérables. AI4Belgium prévoit une création de 200 000 jobs d'ici 2030 et 400 000 mutations de jobs. Il y a une nécessité de préparer les gens à ce bouleversement grâce à des mesures pour former les travailleurs actuels ainsi que les nouveaux travailleurs vers ces nouveaux métiers digitaux (Galouzi, 2019).

Bien que l'intelligence artificielle semble avoir que des bons côtés, il y a une réalité qui subsiste : les employés craignent pour leur job. Pour répondre à leurs craintes, Philipp Gerbert a expliqué lors de son TedTalk qu'il faut faire la différence entre tâches, job et travail (2019). Il explique qu'il est vrai que certaines tâches peuvent être automatisées mais pas l'entièreté du job (Gerbet, 2019). L'exécution de certaines tâches par l'intelligence artificielle va permettre aux employés de se réorienter ou de se spécialiser. Les descriptions de certaines fonctions pourraient être réécrites afin de mieux correspondre aux nouvelles réalités du terrain. Sylvain Duranton a expliqué dans son Ted Talk (2019) que la combinaison la plus efficace c'est le travail de l'être humain avec l'aide de l'intelligence artificielle. Il est vrai que cette technologie est efficace mais elle ne peut pas rester sans contrôle. Actuellement, elle a toujours besoin de la supervision de l'être humain pour contrôler ces résultats. Vouloir remplacer l'humain par l'IA n'est pas une solution efficace car seule l'IA peut commettre des erreurs et n'est pas capable d'évoluer sans l'intervention humaine. Certes, c'est une combinaison qui est longue, coûte de l'argent et difficile mais finalement c'est la plus rentable sur le long terme (Duranton, 2020). Les humains devront apprendre à utiliser ces logiciels de façon qu'ils soient le plus efficace possible.

L'essor de l'intelligence artificielle ne s'est pas fait seul. On la doit à différents facteurs. Tout d'abord, il y a l'augmentation de la puissance des calculs des ordinateurs. Chaque moment qui passe, ils font des calculs plus rapides et plus précis. Ensuite, il y a la digitalisation et la disponibilité des grandes quantités de données à traiter qui a permis à l'intelligence artificielle de devenir de plus en plus performante car sans elles, elle n'est pas capable d'apprendre. Et pour terminer, le développement de produits IA et de solutions Cloud.

Maintenant que j'ai expliqué les débuts ainsi que les enjeux de l'intelligence artificielle dans la société. Dans la section suivante nous allons nous intéresser au thème de ce mémoire qui concerne l'intelligence artificielle dans le milieu médical, et plus précisément dans l'imagerie médicale.

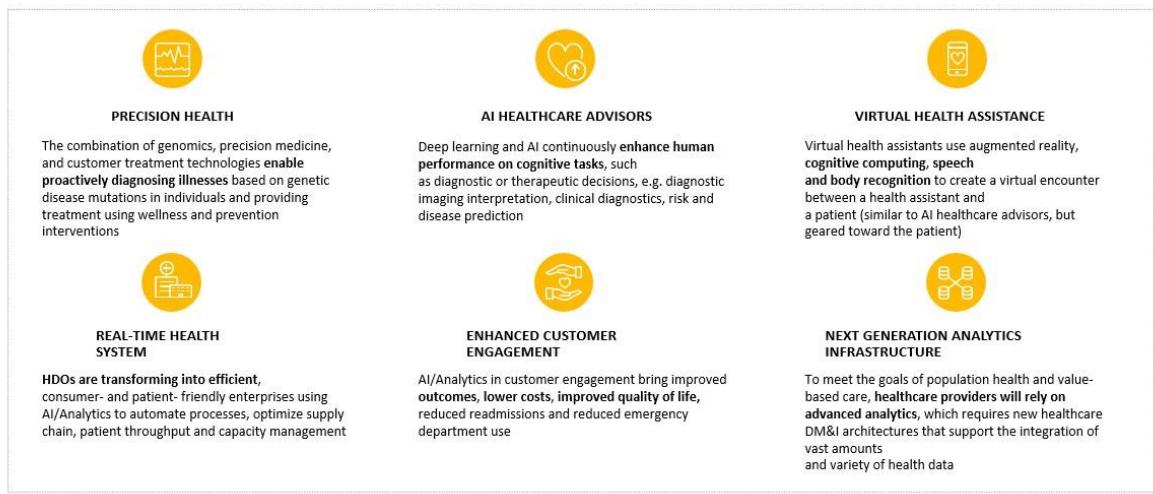
3. L'intelligence artificielle dans le milieu médical

Comme dans beaucoup d'entreprises, l'intelligence artificielle représente un enjeu considérable. Le milieu hospitalier ne fait pas exception à la règle. Dans cette section, je commencerai par vous présenter l'intelligence artificielle dans le milieu médical. Ensuite, nous nous concentrerons sur le département de la radiologie, sujet de recherche de ce mémoire. Je ne peux aborder l'intelligence artificielle dans le milieu médical sans parler de la place du médecin car cela suscite beaucoup de craintes.

Selon le groupe Accenture Applied Intelligence (2017), trois forces poussent le secteur médical à se moderniser. Tout d'abord, il y a la digitalisation et la révolution de l'intelligence artificielle. On constate qu'il y a de plus en plus de données disponibles sur le marché. Cette nouvelle tendance pousse les entreprises à développer des plateformes de collaboration afin d'aider les hôpitaux à se moderniser. Ensuite viennent les nouvelles réalités économiques. Et pour terminer, les changements du marché. Par exemple, on constate une augmentation des maladies chroniques. Mais en même temps, on réalise que la santé et le bien-être sont devenus des sujets au centre de notre société. Ces forces, ensemble, poussent le système de santé à se réformer complètement (Accenture, 2017).

Cette tendance à devoir se réformer est poussé par des nouvelles tendances qui apparaissent dans le milieu médical. Elles sont présentées dans l'illustration ci-dessous :

TRENDS IN HEALTHCARE PROVISION



Source : Accenture Applied Intelligence. (2018). *Intelligence healthcare – Research trends*. Slides PowerPoint. Accenture, Luxembourg.

Bien que toutes ces tendances soient importantes, les plus prometteuses se trouvent notamment dans la médecine de précision. L'hôpital d'Alost teste notamment certains logiciels tels que Icometrix ou Heartflow. Le logiciel Icometrix calcule le volume de certaines parties du cerveau afin de détecter si un patient pourrait être sujet à la démence. La plateforme Heartflow permet de reconstituer en 3D l'image d'un cœur à partir de plus de 2000 images. L'AI comme conseillère est aussi très prometteuse dans le secteur. Elle est déjà utilisée par les radiologues avec le logiciel Gleammer qui permet de détecter les fractures. Le logiciel de Gleammer est capable de détecter des fractures sur les radios. Le

docteur Van Hoe m'a expliqué que c'est un logiciel utile car il peut détecter certaines fractures que le radiologue n'aurait pas vu lui-même. Cependant, les radiologues ne pensent pas pouvoir se fier à cette nouvelle technologie totalement. Ils doivent toujours vérifier les résultats apportés.

L'apparition de ces tendances appuie le fait que, comme dans beaucoup de secteurs, l'IA est au cœur des recherches dans le milieu médical. L'intelligence artificielle dans le milieu médical se décline principalement sur trois plans : le diagnostic, la thérapie et la gestion administrative (The Agility Effect, 2022). Cette technologie pourrait aider les médecins sur différents points tel qu'un meilleur suivi pour les patients grâce à des diagnostics plus précis et obtenus plus rapidement (Berexia, 2020). Avant l'introduction de l'IA, les modèles existants étaient uniquement capables de travailler avec des données structurées et organisées. Aujourd'hui, les choses ont évolué. Les différents programmes disponibles sont capables de faire des liens assez complexes au travers de différentes sortes de données, structurées ou non. La différence avec l'être humain, uniquement capable d'analyser des données structurées. Selon des études menées par IBM, certaines technologies sont même capables de surpasser le médecin dans l'exécution de certaines tâches (IBM, 2018). Ces algorithmes sont donc très utiles dans le domaine médical où il faut être capable de réagir rapidement (IBM, 2018). De plus, c'est une machine donc elle n'a pas besoin de repos. Elle peut fonctionner 24h/24 et 7j/7 (IBM, 2018). Ceci est un atout considérable car cela permettrait de diminuer la charge de travail des médecins qui ne cesse de croître en radiologie.

Pour rappel, l'intelligence artificielle utilise notamment le machine learning pour donner des réponses. Au plus elle aura des données, au plus elle sera capable de donner des réponses précises et diminue sa marge d'erreur. Cependant, l'accès aux données dans le milieu médical reste un obstacle. Le partage de données des patients pose un problème concernant l'éthique et le respect de la vie privée. C'est un sujet que j'aborderais plus en profondeur dans la section liée aux problèmes éthiques. Bien que l'intelligence artificielle dans le milieu médical soit prometteuse, elle suscite également beaucoup de craintes (The Agility Effect, 2022). Comme la revue The Conversation (2019) l'explique, bien que l'intelligence artificielle dans le milieu médical soit l'une des plus grandes avancées actuelles, on estime qu'il y a un écart entre les promesses apportées par celles-ci et la réalité. On considère que c'est l'un des domaines dans lequel l'intelligence artificielle apporte le plus d'espoir sur le plan théorique mais en pratique il est plus difficile d'implémenter ces solutions pour différentes raisons. Bien que les progrès soient incroyables dans le domaine de la santé, tous ses progrès ne sont encore qu'à la forme de pilotes (The Conversation, 2019).

Selon des études menées par IBM en 2018, l'introduction de l'intelligence artificielle en médecine apporterait de nombreux avantages pour la recherche de données. Tout d'abord, l'extraction d'informations dans des données structurées et non structurées qui est un gain de temps pour les médecins lorsque c'est réalisé par un algorithme (IBM, 2018). Ensuite, il y a l'identification des tendances parmi les données. Cette tâche prend plus de temps pour les médecins car il faut analyser un certain nombre de données et parfois les liens ne sont pas toujours visibles directement. C'est donc quelque chose que les médecins ne verront peut-être pas directement. Pour finir, il y a la présentation de données pour faciliter la compréhension des utilisateurs, c'est-à-dire les médecins. L'algorithme présentera les résultats obtenus de façon que ce soit plus facile pour eux de comprendre les résultats obtenus par l'algorithme. Toutes ces avancées ont pour but de faciliter le médecin dans son travail quotidien.

L'innovation en médecine passe aussi par une autre tendance qui est apparue, notamment grâce à l'évolution de l'IA : c'est l'augmentation de l'utilisation des objets connectés. C'est un marché de plus en plus grandissant et qui ouvre la voie à de nouvelles innovations (Clark, 2016). Les objets connectés c'est l'interconnexion entre internet et des objets qui peuvent être contrôlés à distance, généralement grâce aux smartphones. Ces objets permettent aux gens de contrôler les objets physiques et de leur donner une certaine autonomie. Les objets connectés permettent d'amasser un nombre important de données, utiles à l'IA qui va pouvoir les déchiffrer (Oracle, 2022). On peut voir beaucoup d'avantages à l'association de l'intelligence artificielle avec les objets connectés. Pour commencer, un accroissement de la productivité et de l'efficacité dans tous les secteurs. L'intelligence artificielle parcourra les données de façon à faire des prospections pour l'avenir et aider les entreprises à prendre de meilleures décisions. Ceci vaut aussi pour les décisions médicales (Clark, 2016). Selon Accenture, l'impact économique global de l'IoT atteindra 40% uniquement dans le secteur de la santé (Accenture, 2018).

Selon Maciej Kranz, grâce à l'intelligence artificielle, les objets connectés sont capables d'atteindre tout leur potentiel. Sans l'IA, les données collectées par les objets seraient difficilement exploitables car ils n'en ont pas la capacité. Mais ça va aussi dans l'autre sens, car l'IA a besoin d'un grand nombre de données pour pouvoir s'entraîner et pour devenir de plus en plus performante. Donc, l'association entre l'intelligence artificielle et les objets connectés permet d'obtenir des résultats plus performants que s'ils étaient seuls. C'est un atout pour tous les secteurs, le secteur médical n'échappe pas à la règle. Par exemple, ça ouvre la porte à la téléconsultation. Comment est-ce que ça pourrait fonctionner ? Le médecin aura accès aux données captées comme le pouls, la tension, la glycémie, etc. Et pourra suivre son patient à distance. Toutes ces données seront partagées via le smartphone directement au médecin. Cette nouvelle pratique peut apporter une solution au problème lié à la charge de travail des médecins ainsi qu'au manque de médecins dans certaines villes.

En ce qui concerne la gestion des soins de santé, l'IA apporte également une solution pour le côté administratif. On pourrait imaginer un assistant administratif virtuel. Ce serait un gain de temps pour les médecins qui disent être surchargés. Selon une étude menée auprès de 4720 médecins, 72% des médecins se plaignent d'un manque de temps pour accomplir leur travail, d'autant plus que 17,3% de ce temps est consacré à des tâches administratives (Schneider, 2019). Si ces tâches étaient effectuées par des assistants virtuels, ce serait un gain de temps que les médecins pourraient consacrer à autre chose (Schneider, 2019).

Une étude réalisée par IQVIA explique les impacts de l'intelligence artificielle dans quatre aspects de la médecine (2021). Tout d'abord l'étude conteste l'idée de remplacer le médecin. Au contraire, elle veut démontrer le bénéfice que l'IA peut apporter en soutien aux médecins. Tout d'abord, on aborde l'organisation des soins. Certaines tâches étant automatisées, c'est un gain de temps pour le médecin qui pourra passer plus de temps avec ses patients. Ensuite, on parle de l'IA comme un outil de démocratisation sanitaire (IQVIA, 2021). Cela signifie que certains logiciels seront capables de permettre aux soignants d'acquérir des compétences spécifiques afin de se perfectionner. Un autre avantage, et pas des moindres, ce sont des bénéfices économiques sur le long terme. Et pour finir, on aborde le dépistage (IQVIA, 2021). Certaines études ont révélé que des algorithmes sont capables de détecter un cancer au stade le plus précoce, à un stade où il est difficile pour un médecin de le voir à l'œil nu. L'IA permet donc de donner un meilleur pronostic aux personnes concernées et d'ouvrir un

nouveau champ sur la médecine de prévention (IQVIA, 2021). Selon le docteur Patrick Errard Depuis plusieurs années, l'innovation dans les hôpitaux, notamment au service des patients, s'est vue de plus en plus assistée par l'IA. Que ce soit dans la gestion du parcours de soin, dans le diagnostic et la prévention (Coston, 2019).

3.1. Le rôle du médecin

Comme dans beaucoup de secteurs, les gens craignent la perte de leur emploi face à la montée de l'intelligence artificielle. Personne n'est épargnée ni même les médecins. Mais dans un secteur où l'humain est au cœur des préoccupations, est-il vraiment possible de remplacer le médecin par une machine ?

Dans la partie précédente, j'ai expliqué quels pouvaient être les bénéfices de l'IA dans le secteur. On constate qu'elle est très probablement efficace pour beaucoup de choses. Mais est-ce qu'elle est aussi efficace, en termes de qualité des décisions et des soins, qu'un véritable médecin ?

Laure Fournier (2019) explique que les algorithmes seront de plus en plus utilisés dans le milieu médical. Et c'est une réalité aujourd'hui. Les hôpitaux testent tous différentes plateformes. Et certains logiciels ont déjà prouvé leur efficacité en matière de diagnostic. Plusieurs études ont été menées sur le sujet. C'est le cas par exemple pour la détection de certains cancers comme le cancer du sein (Coston, 2019). Dans certains cas, il est parfois difficile pour un médecin de détecter à vue d'œil s'il doit s'inquiéter ou faire une biopsie (Coston, 2019). L'analyse de l'algorithme sera plus précise et permettra de dire s'il faut réaliser des examens complémentaires ou non (Coston, 2019). Selon le docteur Loïc Etienne (2020), l'intelligence artificielle est capable de diagnostiquer des tumeurs à 95% à partir de scanners ou IRM alors que les médecins ne les détectent que dans environ 70% des cas. L'utilisation de l'intelligence artificielle dans ces cas-là permet également la diminution des faux positifs et d'éviter des examens supplémentaires pas toujours nécessaires pour les patients (Moreau, 2020).

Selon une autre étude menée par Berexia (2020), l'intelligence artificielle est capable de donner le même diagnostic que les médecins dans 99% des cas et donner un traitement plus adapté dans 30% des cas. En ce qui concerne la détection d'un cancer du sein, l'algorithme le découvre dans 89% des cas alors que les spécialistes 73% (Berexia, 2020). D'ailleurs, une compétition a eu lieu en Chine entre un système d'intelligence artificielle et des médecins. Le but était de diagnostiquer des tumeurs cérébrales. Le résultat final a montré une supériorité de l'IA sur les humains. L'algorithme a mis environ 15 minutes pour établir 225 diagnostics qui se sont révélés justes dans 87 % des cas, alors que les médecins ont mis 30 minutes pour obtenir des résultats avec un taux de précision de 66 % (Coston, 2019). Ces résultats démontrent bien les avantages de l'IA dans la médecine.

On constate que l'intelligence artificielle obtient de très bons résultats. Ces différents programmes sont capables de détecter des informations plus rapidement qu'un médecin. Même si les données sont importantes pour prendre des décisions, les médecins n'utilisent pas que ça. Leur intuition de médecins basé sur leur expérience joue aussi un rôle, ce qu'une machine n'a pas. La machine peut recueillir les symptômes mais pas les comprendre. De plus, une machine n'est pas capable de faire preuve d'empathie lorsqu'il faut annoncer un diagnostic, pour un cancer par exemple. Les chercheurs ont découvert que l'intuition des médecins aidait à choisir le nombre de tests à prévoir (Berexia, 2020).

L'intuition est également importante lorsqu'un patient vient d'être admis et que les médecins ont encore peu d'informations médicales concernant le patient (source). Pour finir, il y a ce que l'on appelle l'effet placebo. Le patient guérit plus vite car il fait confiance au médecin et à son jugement (source). Alors que beaucoup sont plus réticents lorsqu'ils sont face à une machine. La réponse est donc : non l'intelligence artificielle ne remplacera pas les médecins. D'ailleurs, l'IA n'a pas la volonté de remplacer le médecin. Au contraire, l'intelligence artificielle viendrait plutôt en rôle de soutien afin de confirmer le diagnostic du médecin (Berexia, 2020). On réalise que le médecin accompagné de l'IA est beaucoup plus pertinent et performant.

Les informaticiens du MIT : Massachusetts Institute of Technology affirment que les médecins apportent une dimension que l'intelligence artificielle ne peut pas actuellement (Trafton ,2018). Ces intuitions, ou bien le 6ème sens, des médecins sur l'état d'un patient en particulier jouent un rôle irremplaçable.

Pour répondre à la question « Est-ce que l'IA sera autant amenée à remplacer l'humain ? » Ces nouvelles technologies apportent l'espoir d'une meilleure prise en charge des patients et d'une amélioration en général. Mais le robot intelligent n'est, pour l'instant, encore qu'un fantasme. Le rôle du médecin reste central et la décision finale lui appartient. Et les contours du cadre de l'ouverture et de l'exploitation des données de santé à grande échelle sont toujours à définir (Coston, 2019).

Je vous ai expliqué les différentes formes d'AI mais elle peut être utilisée dans différents domaines de la médecine allant du développement des médicaments jusqu'aux soins des patients en passant par la gestion administrative. Cela permet aux professionnels de s'attaquer à des problèmes qu'ils n'auraient jamais pu penser résoudre autrement. Nous allons maintenant voir la place que l'intelligence artificielle occupe dans l'imagerie médicale.

3.2. L'intelligence artificielle dans l'imagerie médicale

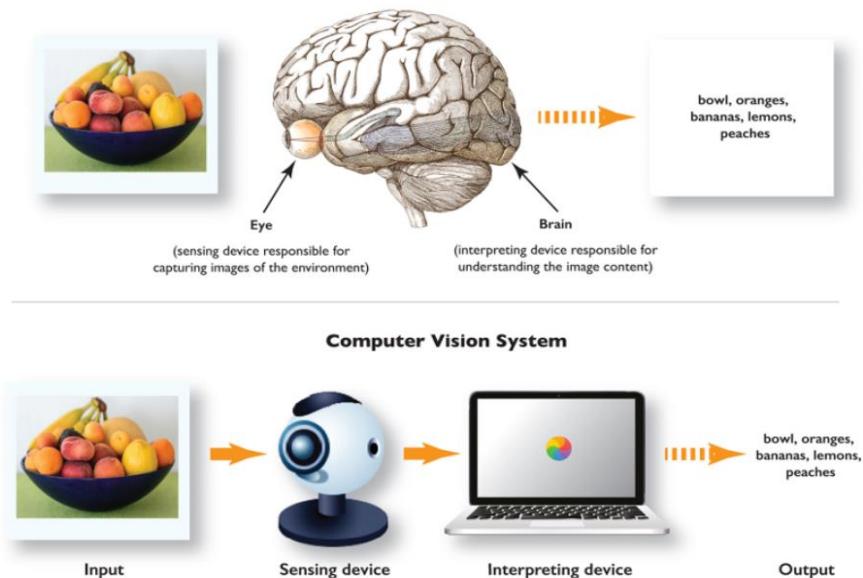
Il est maintenant temps d'aborder le sujet de la radiologie et de l'imagerie médicale. Parmi les découvertes les plus prometteuses, on parle des recherches en imagerie médicale. Il existe différents logiciels capables de détecter une maladie plus rapidement et plus précisément qu'un radiologue comme la plateforme Gleammer qui permet de détecter des fractures. Ceux-ci permettent une prise en charge du patient plus rapide ainsi que l'apport de soins de meilleure qualité. De plus, ça permet également d'éviter des opérations inutiles et de diminuer les faux positifs.

Les radiologues passent des heures et des heures à analyser des milliers d'image. En moyenne, pour l'hôpital d'Alost en Belgique, les radiologues doivent rédiger 40 rapports de scanner par jour (Van Hoe, 2022). Et un scanner peut contenir jusqu'à 2000 images, ce qui représente beaucoup d'images à analyser pour un être humain. A la fin de la journée, le médecin est fatigué et peut commettre des erreurs, comme tout être humain. En théorie, l'IA serait là pour aider le radiologue, lorsqu'il analyse des images, à faire le tri et à mieux les exploiter. Le rôle de l'IA est aussi de détecter certaines anomalies sur les images que le médecin pourrait manquer. Elle lui permet ainsi de gagner du temps et de faire moins d'erreurs (Coston, 2019).

Afin de comprendre comment l'IA peut aider au mieux les radiologues, je vais vous donner une définition de la vision informatique. La vision informatique est un champ de l'informatique qui se concentre sur la création d'un système digital qui peut traiter, analyser et donner un sens aux données visuelles de la même façon que les humains. Le concept de la vision informatique est basé sur

l'apprentissage des ordinateurs à traiter des images grâce aux pixels. Techniquelement, dans son explication la plus brève, les machines récupèrent les informations visuelles, les traitent et les interprètent grâce aux logiciels dédiés.

Mais comment cela fonctionne concrètement ? La vision informatique a essayé d'imiter la façon dont le cerveau humain fonctionne. Nos cerveaux utilisent des schémas pour décoder les objets. Le schéma ci-dessous représente le mode de fonctionnement de la vision informatique.



Source: Babich, N. (2020). *What Is Computer Vision & How Does it Work? An Introduction*. Xd Ideas.

L'image du dessus représente le fonctionnement du cerveau humain. Il y a l'œil qui s'occupe de capturer les images dans leur environnement. Et le cerveau interprète le contenu de ces images (Babich, 2020). Comme les algorithmes de machine learning, notre cerveau est capable d'interpréter les images grâce aux nombreuses données qu'il reçoit depuis notre enfance pour s'entraîner. Le schéma du bas représente la vision informatique. Dans ce cas-ci, la caméra joue le rôle de l'œil et capture les images. Et ce sera à un logiciel prévu à cet effet d'interpréter les images. Le logiciel analyse chaque pixel de l'image et les regroupe ensuite afin d'interpréter l'image (Babich, 2020).

La vision informatique ne date pas d'hier. Elle est apparue dans les années 50 et commençait par interpréter les types d'écritures (Babich, 2020). À cette époque les procédures étaient simples mais elles demandaient beaucoup d'interventions humaines car c'était aux opérateurs de donner des échantillons manuellement, tandis que maintenant ils peuvent trouver les échantillons sur internet (Babich, 2020). C'était donc difficile de fournir beaucoup d'échantillons manuellement car ça prenait du temps. De plus, à cette époque l'informatique n'était pas assez bonne donc la marge d'erreur était assez élevée.

Les informations d'image sont un élément clé pour les diagnostics médicaux car elles représentent 90% des données médicales (Van Hoe, 2022). Beaucoup de diagnostics dans le domaine médical sont basés sur le traitement d'images tels que les ultrasons, les IRM ou encore les images à rayons x. Et l'imagerie médicale a prouvé son efficacité. La vision informatique peut traiter des photos de l'arrière de l'œil et évaluer la présence d'anomalie et la sévérité. L'entreprise IBM a développé un logiciel efficace, appelé Watson Health (IBM). Ce programme est composé de différents logiciels dont IBM

Watson Imaging Clinical Review un outil qui sert à faire des examens rétrospectifs sur les données et IBM Watson Imaging Patient Synopsis. Ce dernier est un outil qui a été développé par des radiologues pour les aider à prendre des décisions en extrayant des données des dossiers médicaux digitaux (IBM, 2018).

4. Conclusion

L'objectif de cette analyse de la littérature était de comprendre les concepts de la question de recherches. Nous avons parcouru la définition de l'intelligence artificielle ainsi que son histoire pour comprendre les enjeux qu'elle représente dans notre société actuelle. Dès ses débuts, l'intelligence artificielle a été très prometteuse. Cependant, ce n'est que depuis les années 2000 qu'elle a fait un bond en avant. L'intelligence artificielle est très prometteuse dans différents secteurs comme dans la logistique ou le marketing. Elle permet l'automatisation de certaines tâches ce qui permet un gain de temps et une augmentation de la productivité.

Mais pour pouvoir répondre à la question de recherche, j'ai décidé de m'intéresser à l'intelligence artificielle dans le milieu médical. Ce choix n'est pas anodin car c'est l'un des secteurs dans lequel l'intelligence artificielle s'avère être très prometteuse. Nous sommes actuellement dans ce que les experts appellent la quatrième révolution industrielle. Nous vivons dans un monde de plus en plus connecté et tous les secteurs doivent s'adapter à ces changements. Et le secteur médical n'échappe pas à la règle. On constate que trois forces font pression sur la modernisation du secteur médical. La digitalisation et la révolution de l'IA, les nouvelles règles économiques ainsi que les changements du marché comme l'augmentation de certaines maladies et des nouvelles tendances concernant le bien-être.

L'intelligence artificielle dans le milieu médical se décline sur trois plans : le diagnostic, la thérapie et la gestion administrative. En ce qui concerne le diagnostic, les hôpitaux testent différentes plateformes dont Heartflow qui semble donner de très bons résultats jusqu'à présent. Ces logiciels permettent de donner des diagnostics plus précis et plus rapidement ce qui permet d'améliorer le traitement des patients. Une solution a également été trouvée pour la gestion administrative grâce à un assistant administratif virtuel. Ceci serait un bon moyen d'alléger la charge de travail des médecins qui disent consacrer presque 20% de leurs temps à des tâches administratives.

On ne peut pas mentionner l'intelligence artificielle dans le milieu médical sans parler du rôle du médecin et la place qu'il a au milieu de ces nouvelles technologies. Tous les documents que j'ai lus sont d'accord sur un point : l'intelligence artificielle n'a pas la vocation de remplacer le médecin. Cependant, certains logiciels sont très prometteurs et donnent des résultats remarquables, certains jusqu'à 70% aussi bon que les radiologues. Mais un médecin ne décide pas seulement avec des données, il utilise aussi ce que l'on pourrait appeler un présentiment et ce présentiment joue beaucoup sur les examens que le médecin va décider de faire faire aux patients.

L'imagerie médicale est un axe important dans le milieu médical car 90% des données médicales sont des images médicales. Et cela explique le besoin des startups de révolutionner le département radiologie. La vision informatique fonctionne de la même façon que la vision humaine. Elle détecte d'abord l'image dans son environnement avant de transmettre les informations au logiciel qui sera capable d'interpréter chaque pixel de l'image. Cette technologie s'est avérée être efficace notamment lors de la crise du COVID-19 avec les scanners des poumons.

La révolution du milieu médical grâce l'IA passe également par l'IoT, internet of things. On parle ici des objets connectés. Dans le futur, on pense grâce aux objets connectés beaucoup de choses pourront se faire à distance.

Ce que l'on peut conclure de cette analyse littéraire, l'ancien modèle des soins de santé qui était centralisé, dirigé par des experts, réactive et couteuse est en train de changer. Comme dans beaucoup d'industries, le secteur des soins de santé tend à proposer des offres plus personnalisées à ses patients. Le nouveau modèle des soins de santé est plus centré sur le patient, dirigé par l'efficacité.

La gestion est également un des concepts de ma question de recherche. Cependant, il est plus difficile de calculer la rentabilité d'un hôpital comme on le fait pour une entreprise. Dans le cadre de ce mémoire, j'ai choisi différents indicateurs comme : un diagnostic plus rapide, diminution de la charge de travail des médecins, et un meilleur suivi pour les patients.

L'analyse de la littérature a été élaborée à partir de différentes sources de documents, telles que des ouvrages, des sites internet, entretiens télévisés etc. Toutes ces découvertes ont piqué notre curiosité et ont permis de mieux comprendre le sujet mais ont également éveiller des questions. Par exemple, on se demande jusqu'où ira l'intelligence artificielle et quelles sont ses limites.

III. Méthodologie

1. Introduction

La deuxième partie de ce mémoire concernant l'analyse de la littérature permettait de nous faire une idée sur le sujet. Les différents concepts centraux ont été expliqués et nous avons fait l'état des lieux de la situation actuelle. La suite concerne l'explication de la méthodologie que j'ai suivie pour répondre à la question de recherche. J'ai été récolté des données issues du terrain afin de valider ou invalider mes hypothèses.

L'objectif de cette partie est d'expliquer comment est-ce que je m'y suis pris pour répondre à la question de recherche. Pour rappel, la question de recherche est : « Comment l'intelligence artificielle permet d'améliorer la gestion du service en radiologie en Belgique ? » Pour pouvoir répondre à cette question, j'ai émis trois hypothèses, qui sont les suivantes :

1. Certaines tâches pourraient être automatisées par les algorithmes, ce qui **diminuerait de la charge de travail des médecins**.
2. Avec l'intelligence artificielle qui est capable de lire les images, les patients pourraient obtenir des résultats plus rapidement car les algorithmes travaillent 24h/24. Et in fine, **améliorer la prise en charge des patients**.
3. Sur le long terme, l'implémentation de l'intelligence artificielle en radiologie permettrait de **réduire les coûts**.

Ces hypothèses ont été établies sur base de l'analyse de la littérature. Je commence cette partie en détaillant la problématique de ce travail de recherche et les motivations liées à celle-ci. J'explique aussi comment j'ai obtenu ma question de recherche et j'explique les hypothèses. Ensuite, j'expliquerai la méthode utilisée pour récolter les données du terrain. Dans ce travail, j'ai utilisé deux méthodes différentes : les entretiens semi-dirigés et des questionnaires.

Il est important de diversifier les sources afin d'avoir des réponses les plus précises et diversifiées possibles afin d'avoir une idée la plus réaliste possible.

2. Problématique

2.1. Question de recherche

Dans cette partie, je vais me pencher sur la question de recherche ainsi que les hypothèses formulées sur base de la littérature.

Pour ce mémoire, je voulais m'intéresser de plus près à l'intelligence artificielle. Cependant, c'est un sujet très vaste. Tout d'abord je voulais m'intéresser à l'intelligence artificielle dans le management. Je pense que c'était un sujet intéressant car à l'ICHEC nous sommes formés pour devenir des managers responsables mais je trouvais le sujet pas assez recherché. C'est pour cela que j'ai décidé de me tourner vers le milieu médical. J'ai voulu aborder l'intelligence artificielle dans le milieu médical car ça suscite de l'intérêt, en termes de progrès mais ça suscite également certaines angoisses. Les hôpitaux mettent les patients au cœur de leurs services. Bien que l'amélioration des soins et de la gestion impacteraient positivement les patients, ils veulent garder ce côté humain. Je trouvais donc intéressant de se pencher sur le sujet afin de comprendre comment l'intelligence artificielle trouve sa place dans cet environnement centré sur l'humain.

L'analyse de la littérature nous a permis de mieux comprendre les enjeux de l'intelligence artificielle, et plus particulièrement dans le milieu médical. Au fur et à mesure, on a découvert que les craintes pouvaient être justifiées mais qu'elles émanent surtout d'un manque d'informations à l'égard du sujet. Nous réalisons que les principales personnes concernées sont les radiologues car ça impacte leur façon de travailler avant tout. De ce fait, on peut se demander comment ils réagissent face à l'intelligence artificielle, est-ce que ça a un impact sur leur productivité, sont-ils conscients des avantages et désavantages que cela pourrait apporter, et bien d'autres encore. Il m'a fallu un peu de temps avant de trouver la direction que j'allais emprunter dans ce mémoire. Il était important de trouver une question de recherche pas trop vaste de façon à ne pas se perdre. En tant que futur manager, il était important d'analyser cette problématique d'un point de vue de gestion. Mes questions ont beaucoup changé et évolué. Je me suis demandé quel était l'impact de l'IA sur les patients dans le milieu médical, qui inclut les hôpitaux ainsi que les maisons de repos. Ensuite, j'ai décidé de me concentrer uniquement sur le milieu hospitalier mais ça restait toujours trop vaste. En effectuant mes recherches, j'ai vu que la radiologie était le département le plus prometteur alors j'ai arrêté ma question de recherche sur :

« Comment l'intelligence artificielle permet d'améliorer la gestion du service en radiologie dans un hôpital ?»

Dans cette partie méthodologie, nous allons donc analyser les comportements des radiologues par rapport à l'intelligence artificielle, ce qu'ils en pensent et ce qu'ils ressentent. C'est une étape nécessaire car ce sont les premières personnes en contact avec les algorithmes. S'ils ne veulent pas ou ne sont pas capables de l'utiliser pleinement, il sera difficile de mesurer l'impact de l'intelligence artificielle sur la gestion en radiologie.

2.2. Hypothèses

Pour pouvoir répondre à cette question, j'ai émis trois hypothèses. Les hypothèses sont des réponses potentielles à la question de recherche. Il pourrait en exister d'autres mais j'ai décidé de retenir que les trois les plus importantes selon moi. Pour écrire ces hypothèses, je me suis basée sur la littérature que j'ai effectuée ainsi que sur des conversations informelles que j'ai pu avoir avec certains acteurs comme des secrétaires médicales ou encore des médecins généralistes. J'ai retenu les trois hypothèses suivantes :

1. Certaines tâches pourraient être automatisées par les algorithmes, ce qui **diminuerait de la charge de travail des médecins**.
2. Avec l'intelligence artificielle qui est capable de lire les images, les patients pourraient obtenir des résultats plus rapidement car les algorithmes travaillent 24h/24. Et in fine, **améliorer la prise en charge des patients**.
3. Sur le long terme, l'implémentation de l'intelligence artificielle en radiologie permettrait de **réduire les coûts**.

J'ai classé les hypothèses dans un ordre croissant, allant de celle qui aura le plus d'impact à celle qui en aura le moins selon moi. Cet ordre est totalement subjectif et l'ordre n'est pas fixé. Dans la partie suivante, nous allons découvrir la méthodologie utilisée pour récolter des données avant d'analyser les résultats obtenus. L'objectif de ce travail est de valider ou invalider les hypothèses sur bases des données récoltées sur le terrain. La validation ou l'invalidation de ces hypothèses permettra d'apporter des réponses à la question de recherche.

3. Méthodes de récolte de données

J'ai pu trouver certaines réponses à mes questions dans la littérature. Cependant, ces différentes documentations sont écrites par différentes personnes. Pour pouvoir obtenir des réponses précises, il vaut mieux aller les chercher à la source. Pour ce faire, j'ai organisé des interviews et rédigé des questionnaires.

Dans un premier temps, j'ai conduit une interview semi-dirigée avec le Professeur Sergey Morozov qui est un expert en imagerie médicale. Il était à la tête du projet de rénovation du système de santé en Russie, URIS, URIS depuis 2014. C'est sous sa direction que la téléconsultation a vu le jour en Russie. Après avoir fui la Russie pour avoir critiqué la guerre en Ukraine, il est venu se réfugier à Liège où il attend les autorisations pour pouvoir travailler en tant que Chief Executive Officer d'OSIMIS. Osimis est une entreprise belge qui propose des solutions pour les équipes dans l'imagerie médicale. Le professeur Morozov a accepté de m'expliquer comment fonctionnent les systèmes de radiologie. Il a également pris le temps de m'expliquer les avantages de l'intelligence artificielle dans la radiologie selon son expérience et quelle était la différence avec la Belgique. Il a aussi accepté de répondre à mes questions afin de comprendre quelles étaient les motivations de ce projet et comment il était réalisable à une époque où tout cela semblait encore être une utopie. Vous trouverez la retranscription complète de l'entretien en annexe.

Dans un deuxième temps, j'ai interviewé le Dr. Lieven Van Hoe de l'hôpital OLV Aalst. Il est radiologue depuis plusieurs années et est passionné par son métier. C'est le docteur Van Hoe qui m'a contacté via le questionnaire que j'ai distribué. Il était intéressé par le sujet car l'intelligence artificielle le passionne depuis plusieurs années. Le docteur Van Hoe m'a été d'une grande aide lors de ce travail de recherche. Je l'ai interviewé afin de connaître l'état des lieux en Belgique. Il m'a également invité à visiter le département radiologie afin de comprendre comment fonctionne le département et comment l'intelligence artificielle est intégrée dans le département. Lors de mon entretien avec le Dr. Van Hoe il m'a expliqué être membre d'un groupe appelé « Vlaamse Radiologue xxx ». C'est un groupe de radiologues de la région flamande qui discutent de façon informelle sur l'intelligence artificielle. Il m'a expliqué qu'ils sont en train de faire un recensement des différentes plateformes d'IA utilisées dans les hôpitaux belges. Cependant, ce recensement n'est pas encore disponible actuellement.

Ensuite, j'ai rédigé un questionnaire destiné aux radiologues travaillant en Belgique. Le but de ce questionnaire était de comprendre quelles sont leurs affinités avec l'intelligence artificielle dans leur métier et ce qu'ils en pensaient. Les réponses étaient intéressantes et variées. Ce questionnaire a été distribué par le canal de la société belge des radiologues qui a transmis ce questionnaire à ses membres. Afin de toucher le plus de personnes possibles, j'ai rédigé le questionnaire en anglais et en français.

C'était un questionnaire composé de 16 questions au total, et une dernière qui était facultative. Il y avait des questions ouvertes et fermées. J'ai commencé par poser des questions basiques comme leur lieu de résidence et le nombre d'années qu'ils sont dans le métier.

4. Conclusion

Dans ce mémoire, j'ai décidé d'aborder l'intelligence artificielle dans le milieu médical car je trouve qu'il est intéressant de comprendre comment cette technologie trouve sa place dans un environnement où l'humain est au centre. Pour pouvoir faire cette analyse, j'ai choisi le département radiologie comme sujet d'étude. C'est pour cela que la question de recherche que j'ai établie est la suivante :

« Comment l'intelligence artificielle permet d'améliorer la gestion du service en radiologie dans un hôpital ?»

Pour pouvoir répondre à cette question j'ai émis trois hypothèses que je tenterais de valider ou d'invalider. Les hypothèses sont les suivantes :

1. Certaines tâches pourraient être automatisées par les algorithmes, ce qui diminuerait de la charge de travail des médecins.
2. Avec l'intelligence artificielle qui est capable de lire les images, les patients pourraient obtenir des résultats plus rapidement car les algorithmes travaillent 24h/24. Et in fine, améliorer la prise en charge des patients.
3. Sur le long terme, l'implémentation de l'intelligence artificielle en radiologie permettrait de réduire les coûts.

J'ai utilisé deux façons différentes de récolter des données sur le terrain : les interviews semi-dirigées et un questionnaire composé de questions ouvertes et fermées afin de connaître l'affinité des radiologues travaillant en Belgique avec l'intelligence artificielle.

J'analyserais les résultats obtenus lors de la récolte de données dans la partie suivante qui concerne la discussion.

IV. Discussion

1. Introduction

Nous arrivons maintenant dans la quatrième partie de ce mémoire. Elle est dédiée à la discussion. Cette discussion permet de challenger les informations obtenues lors de l'analyse littéraire face aux données obtenues sur le terrain. Cette discussion est importante car à la fin elle nous permettra de valider ou invalider les hypothèses.

Comme point de départ de cette discussion, j'ai décidé de prendre un exemple de projet nommé URIS qui a été élaboré en Russie en 2012. Ce projet est le point de départ de notre discussion. C'est un exemple concret d'un projet qui a été mené. Etant donné que ce projet a obtenu des résultats positifs, je le comparerai à l'état des lieux que j'ai réalisé en Belgique. Ensuite, je confronterais ces données pour voir si un projet de tel ampleur a déjà été mis en place en Belgique ou bien si c'est possible. Pour pouvoir faire cette comparaison, je commence bien évidemment par présenter les deux pays concernés de façon brève.

Dans cette partie, j'ai prévu une section pour l'éthique qui est l'un des plus grands problèmes aujourd'hui. L'implémentation de l'intelligence artificielle n'est pas si facile que ça car elle nécessite de mettre en place des règles strictes afin de protéger la vie privée des utilisateurs, et ça l'est encore plus dans le secteur médical. Ensuite, je présenterais les résultats obtenus dans les questionnaires ainsi que durant mes entretiens. Je confronterais ces résultats avec l'analyse faite sur le projet russe, URIS. Cette partie est importante car nous verrons où se situe l'écart et pourquoi. La chapitre six concerne la validation ou invalidation des hypothèses. Cette (in)validation se fait sur base des données obtenues sur le terrain.

2. Projet russe : URIS

Le but de ce mémoire est de comprendre l'impact de l'intelligence artificielle dans les départements radiologie de Belgique. Un projet a été initié en Russie afin de répondre aux demandes et aux lacunes du secteur. En 2012, un projet appelé Unified Radiological Information System (URIS) voit le jour à Moscou, Russie. Ce projet a aussi été lancé afin de répondre aux demandes du gouvernement qui voulait faire de Moscou une ville plus innovante afin d'améliorer le bien-être de ces habitants. Selon moi, ce projet est un bon point de départ afin de commencer notre discussion.

C'est pour cela que j'ai décidé de vous exposer ce projet et d'en faire une comparaison avec la Belgique. Avant de vous présenter le projet, je vais, tout de même, présenter brièvement les deux pays concernés.

2.1. Belgique vs. Russie

Présentation de la Belgique

La Belgique, de son nom officiel le royaume de Belgique, est une monarchie constitutionnelle fédérale à régime parlementaire. Elle est l'un des 6 pays fondateurs de l'UE et accueille en sa capitale différents conseils et commissions européennes ainsi que d'autres grandes institutions tel que l'OTAN. Au 1er janvier 2021, elle comptait 11 507 163 habitants sur une surface de 30 688 km² (ministère de l'Europe des affaires étrangères, 2022).

Le 21 juillet 1830 eut lieu la révolution Belge. Depuis ce jour, la Belgique s'est séparée de l'actuel Pays-Bas et est composée de trois entités fédérées : La région wallonne, la région flamande et la région de Bruxelles-Capitale. Nous sommes représentées par deux principaux groupes linguistiques : les francophones et les néerlandophones. Il y a également les germanophones qui représentent 1% de la population (ministère de l'Europe des affaires étrangères, 2022).

Beaucoup de différences dans un si petit pays, entre deux groupes linguistiques qui ont conduit l'État unitaire à devenir un État fédéral. Ce sont ces différences et querelles qui ont empêché la Belgique de pouvoir pleinement développer son potentiel économique car les entités ne sont pas toujours d'accord sur tout.

L'un des plus gros problèmes de la Belgique, c'est la séparation des régions. Un si petit pays autant divisé avec une dispersion des pouvoirs. Ceci montre un manque de cohérence dans l'État et n'engage pas la confiance des investisseurs. C'est pour cela que AI4BELGIUM a été créé afin d'avoir un plan national qui permettra à la Belgique de se positionner stratégiquement sur le plan international sur l'intelligence artificielle (Goulazis, 2019).

De plus, la Belgique est en retard sur l'adoption de l'IA dans les entreprises. Il y a un point important, elles n'en ont pas toutes besoin. Les grosses entreprises ont plus de moyens et en ont plus besoin. Cependant, c'est au sein des petites startup que l'on trouvera l'innovation.

En ce qui concerne notre système de soins de santé, il est plutôt bien élaboré. Chaque personne est obligée de souscrire à une assurance par le biais de sa mutuelle. Selon les assurances que chacun paie, la population a également droit à un remboursement de certains soins de santé. C'est un système plutôt bien organisé et qui bénéficie à la population.

Présentation de la Russie

La Russie, sous sa forme entière la fédération de Russie, est un État fédéral transcontinental à cheval sur l'Asie du Nord (80%) et sur l'Europe (20%) (ministère de l'Europe des affaires étrangères, 2022). La Russie est l'état le plus vaste de la planète avec une superficie de 17 125 191 km² (ministère de l'Europe des affaires étrangères, 2022). Le territoire que l'on connaît aujourd'hui existe officiellement depuis 1991 avec la dislocation de l'URSS. Cette dislocation a créé 15 états indépendants mais c'est la Russie qui reprendra la place de l'URSS dans les institutions internationales. Le territoire que l'on connaît actuellement correspond exactement à celui de la Russie soviétique de 1954 (ministère de l'Europe des affaires étrangères, 2022).

Depuis 1999, c'est le président Vladimir Poutine qui est à la tête de l'Etat.

Niveau économique, la Russie se porte plutôt bien car elle a hérité du passif de l'URSS, dont une industrie métallurgique lourde ainsi que des savoir-faire en aéronautique, armement et énergie. Actuellement, la Russie est le plus grand exportateur de gaz naturel et produits pétroliers.

La capitale de la Russie, Moscou, a une superficie de 2510 km². Cette ville est tellement grande qu'elle fonctionne à elle-seule comme un petit pays dans un pays (Morozov, 2022).

En ce qui concerne le système de soins en Russie, deux systèmes de santé cohabitent en Russie : le secteur privé et le secteur public (Morozov, 2022). Le système de santé publique est totalement décentralisé et fonctionne par région. Les soins les plus courants sont gratuits et illimités pour les Russes : maladies infectieuses ou accidents de la vie courante, par exemple (Morozov, 2022). En revanche, tous les soins qui dépassent le plafond sont à la charge personnelle. C'est souvent le cas car les hôpitaux publics souffrent d'un manque de moyens, même si d'importants investissements ont été réalisés.

Les établissements privés rencontrent un succès croissant, même auprès de la population locale, car il est plus facile d'obtenir un rendez-vous rapide et le personnel est plus attentionné (Morozov, 2022). Les médecins sont également de plus en plus attirés par le secteur privé, qui offre de meilleures perspectives de salaires.

Vu la densité du pays et un manque de médecins dans certaines parties de Moscou, les autorités russes, en particulier le maire de Moscou, ont senti le besoin d'améliorer le système de radiologie afin de combler les lacunes. C'est pour cela qu'en 2015 URIS voit le jour. C'est le projet que je vais vous décrire en détail dans la section suivante.

2.2. Projet russe

Les bases de ce projet ont été posées en 2012 car les dirigeants du pays savaient que le système de santé avait besoin d'être mis à jour pour répondre aux problèmes actuels. De plus, ces dernières années les autorités russes, et plus principalement de Moscou, se sont investi dans les nouvelles technologies et ont voulu développer le système informatique de la ville afin d'améliorer le bien-être des habitants. Le projet URIS faisait donc partie de cet objectif d'amélioration de la qualité de vie. C'est pour cela qu'en 2015, sous le chef du Dr. Sergey Morozov en tant que chief regional radiology officer, des centaines de scanners ont été achetés et installés dans en dehors des hôpitaux comme dans les centres de soins de premiers secours. Avant 2012 on retrouvait ces types d'appareils principalement dans les hôpitaux. Le but étant de rendre l'accessibilité à ces soins plus facile en dehors des hôpitaux qui eux étaient débordés.

Une fois ces machines installées, il était important pour les experts de connecter tous ces objets entre eux. Les radiologues voyaient clairement une opportunité et les bénéfices de cette réforme comme l'augmentation de la productivité ou bien une harmonisation des soins et des méthodes de travail. Pour mener à bien ce projet, ils ont fait appel à la plateforme de l'entreprise Agfa: Agfa's HealthCare Imaging.

Le professeur Morozov a expliqué ce choix parmi tant d'autres par le besoin d'avoir une plateforme équipée de différents outils utiles pour les radiologues comme automatiser certaines tâches mais aussi de pouvoir ajouter d'autres fonctionnalités dans le futur. Et c'est également comme cela que l'entreprise fait la publicité de leur plateforme. Vous avez un dossier unique du patient avec toutes ses informations disponibles à travers toute l'entreprise (Agfa Healthcare, 2022). Grâce à leur plateforme, il sera plus rapide pour tous les médecins d'obtenir, partager et récupérer les fichiers (Agfa Healthcare, 2022). Cette plateforme permet de répondre au mieux aux besoins des patients (Agfa Healthcare, 2022).

L'objectif était de faire en sorte que tous les services de radiologie locaux puissent intégrer l'URIS afin de pouvoir connecter tous leurs appareils à la plateforme de l'Agfa et que les services puissent partager les informations entre eux. Pari réussi, mi-2015 toutes les machines étaient connectées mais aussi implémentées avec le processus automatisé de diagnostic avancé. Ce fut une réussite car les patients pouvaient aller consulter dans n'importe quel établissement et ils auraient accès à leur dossier.

Dans ce logiciel, il y avait un cross-reporting qui permettait à un radiologue de rédiger le rapport d'une étude réalisée par un autre médecin. Cet outil a permis de diminuer le temps de rapport de 5 jours initialement à 1 heure. Ceci était stimulant pour les médecins car leur permettait de rester dans leur zone d'expertise et de continuer à s'améliorer. L'un des bénéfices majeurs de ce cross-reporting était le gain de temps. Grâce à ce système, les relectures ont diminué car le rapport a été écrit par un expert. De plus, les radiologues sont satisfaits car ils travaillent dans ceux qui leur plaisent. D'autres tests ont été effectués comme :

- La Teleradiologie
- Le rapport écrit à distance
- Les dashboards pour l'analyse de la productivité
- L'analyse par les collègues

Vu les résultats prometteurs obtenus en trois années, en 2018, le maire de Moscou décide de mobiliser tous les informaticiens pour que les appareils dans les hôpitaux soient aussi connectés. On dénombre un peu plus de 1200 appareils qui se connectent entre eux. C'était important pour pouvoir répondre aux demandes qui augmentait sans cesse. En quelques années, le volume d'images exploitées est passé de 700 000 à 5 millions. Pour une meilleure gestion, Agfa a décidé de diviser la plateforme en 2 : une partie pour les hôpitaux et une autre pour les polycliniques.

Le Dr. Morozov m'a avoué que les médecins étaient très réticents face à ce nouveau projet qui chamboulait leur façon de travailler. Cependant, ils ont su les donner les moyens de maîtriser ces nouveaux outils et le nombre de radiologues utilisant ce système a aussi augmenté, il est passé de 199 à 1100 en 5 ans (Morozov, 2022).

La productivité des radiologues a également doublé car les médecins avaient accès 24/7 à un support s'ils rencontraient un problème ou s'ils avaient besoin d'aide. De plus, ils avaient un poste de travail bien équipé composée notamment d'un outil de priorisation de tâches ce qui permet aux médecins de travailler efficacement et de fournir un travail de meilleure qualité.

Selon le professeur Morozov, ce fut un projet très rentable. Mais ça a également permis aux radiologues de se former et de se spécialiser dans certaines tâches car ils n'avaient plus besoin d'être présents sur tous les fronts. Ceci permet d'offrir de meilleurs soins en dehors des établissements de soins de santé. La Russie est un grand pays et malheureusement il n'est pas possible d'avoir un expert partout. C'est pour cela que connecter toutes ses machines est un bon moyen afin que toutes les images critiques puissent atteindre un expert qui pourra les analyser, même à distance. C'était un très bon système pour les patients qui avaient accès à leurs données plus facilement, notamment pour demander un second avis. Ceci était plus compliqué avant, en autre à cause de l'écriture des médecins. Ce système permet aux radiologues de contacter un collègue plus expérimenté sur un sujet précis afin de demander son avis. Ceci est aussi un autre moyen d'être constamment en apprentissage grâce aux collègues.

La Russie était prête lorsque la crise du COVID a frappé, avec l'infrastructure digitale de URIS. Elle était prête à rencontrer la demande grandissante de diagnostics et de soins. Comme partout dans le monde, les hôpitaux étaient débordés. Au début, les CT des poumons étaient leurs moyens de détection de la maladie, d'autant plus qu'il fallait compter 2-3 jours avant d'obtenir les résultats d'un test PCR. Avec cette méthode, il était facile de standardiser les diagnostics pour le COVID grâce aux scanners CT. Les images des scanners CT de la poitrine combinées avec les données vitales prises sur place comme l'oxymétrie, permettaient également de déterminer la gravité de la maladie et de savoir qui pouvait être soigné chez soi et qui devait absolument être hospitalisé. Durant cette crise, ils ont réquisitionné les scanners CT des polycliniques afin de désengorger les hôpitaux. Un réseau de 48 scanners CT a été développé afin de fonctionner comme un seul département grâce aux plateformes de partages de données. Chaque scanner voyait passer à peu près 100 personnes par jour, un total de 4000 patients par jour en dehors des hôpitaux (Morozov, 2022).

En résumé, on constate que ce projet a été très bénéfique pour la ville de Moscou, mais aussi pour les patients. Le Dr. Morozov m'a dit qu'il est passé de 100 appareils connectés à 1500 appareils connectés à la fin (2022). Il a également intégré différents algorithmes d'intelligence artificielle afin d'automatiser certaines tâches. Il a avoué que pour la plupart, ils étaient assez récents. Ceci signifie qu'en théorie ils étaient très prometteurs mais en pratique un peu plus difficile à mettre en place. Cependant, la plupart

d'entre eux ont pu murir et être mis en place dans les hôpitaux et polycliniques. Le Dr. Morozov est satisfait par les résultats obtenus avec l'implémentation de l'URIS mais pense que ce n'est qu'un seul des multiples scénarios possibles. Selon lui, chaque hôpital à ses spécificités et ses propres tâches et devrait implémenter un système qui répond à leurs attentes.

3. Etats des lieux en Belgique

Pour pouvoir faire la comparaison entre la Belgique et la Russie, il est important de faire l'état des lieux en Belgique. Dans cette section, je vais vous présenter un tableau comparatif dans lequel j'ai repris les meilleurs hôpitaux de chaque région selon le classement Newsweek de 2021 : deux en région flamande, un en région de Bruxelles-Capitale et un en région wallonne (Romero, 2021).

Dans le tableau ci-dessous, vous retrouverez un résumé de ce qui fait aujourd'hui dans les meilleurs hôpitaux de Belgique.

| | Description |
|---|--|
| UZ Leuven | <p>On retrouve le logiciel ArtiQ-PFT. C'est un scanner qui évalue la capacité des poumons des patients.</p> <p>En 2019, l'UZ Leuven a acquis un scanner Naeotom Alpha photon counting CT. C'est un scanner de haute performance qui analyse chaque photon distinctement et donc de produire des images plus détaillées. Cela augmente la netteté de 50 %.</p> <p>Ils ont également un algorithme de machine learning qui peut diagnostiquer l'arthrite chez les enfants avec une précision de 90%, simplement basé sur une analyse sanguine. Cela permet d'avoir un diagnostic plus rapide et de prévoir qui réagira le mieux au traitement.</p> |
| UZ Gent | <p>L'hôpital de Gand a implémenté le système Agfa Healthcare IMPAX qui est une plateforme de gestion d'images regroupés. Ce système au sein de l'hôpital permet aux médecins d'accéder à toutes les images de l'hôpital au sein d'une même plateforme.</p> <p>En Belgique, ce sont les recherches universitaires qui mettent en avant le pays sur le plan de la recherche sur l'intelligence artificielle (Galouzis, 2019). Pour l'hôpital de Gand, ce sont différentes recherches qui sont menées par l'UGhent. L'université de Gand effectue des recherches en intelligence artificielle pour les domaines différents :</p> <ul style="list-style-type: none">• Analyse des images médicales• Support à la prise de décision• Prévoir les blessures (milieu sportif)• Reconstruction des images médicales et analyses |
| Cliniques universitaires Saint-Luc | <p>Les cliniques universitaires Saint-Luc ont décidé d'intégrer l'intelligence artificielle pour l'anatomopathologie (l'étude morphologique des anomalies macroscopiques et microscopiques des tissus biologiques). Pour ce faire, ils ont installé un scanner de lames et une plateforme de partage d'images lames digitalisées. Ceci leur permettra de partager les images à de multiples utilisateurs, même éloignés. Ceci est très utile pour le diagnostic, la formation, l'enseignement et la recherche.</p> <p>Ils ont également implanté l'échographie Doppler. C'est un examen d'imagerie médicale réalisé à des fins diagnostiques et expérimentales pour étudier ou surveiller le fonctionnement d'un organe, ainsi que les flux sanguins dans les veines et les artères. Cette échographie est aussi utilisée en Cardiologie pour déceler ou surveiller l'apparition et le développement d'une maladie du cœur ou d'autres d'anomalies.</p> |

| | |
|----------------------|---|
| | |
| CHU UCL Namur | <p>Le CHU Namur estime que le service d'imagerie médicale occupe une place centrale de la démarche diagnostique dans la grande majorité des pathologies. C'est pour cela qu'ils ont installés des scanners Canon sur leurs trois sites. Ces scanners permettent de réaliser des CT cardiaque qui permettent l'analyse des artères coronaires. Les résultats sont actuellement acquis en moins d'une seconde, ce qui augmente significativement la qualité d'examen. Ces scanners optimisent aussi la sécurité et le confort des patients grâce à la réduction de la dose de radiation et la rapidité des examens.</p> <p>Le CHU Namur est l'un des premiers hôpitaux en Wallonie à avoir rénové ses sites afin de répondre à la demande croissante de l'environnement.</p> |

Jusqu'à présent chaque hôpital teste différentes choses en matière d'intelligence artificielle. Jusqu'à présent, pour la plupart, ce ne sont que des projets pilotes. Selon l'entretien que j'ai eu avec le Dr. Van Hoe (2022), en théorie l'intelligence artificielle a pleins de promesses mais en pratique c'est beaucoup plus compliqué. Il m'a expliqué qu'en réalité les plateformes actuelles font beaucoup d'erreurs et cela poussent les radiologues à devoir vérifier chaque rapport fait par l'intelligence artificielle. Et cela leurs donnent, finalement, beaucoup plus de travail.

D'après les données dans ce tableau, on constate que les hôpitaux belges ont compris les enjeux de l'intelligence artificielle dans le milieu médical. On constate que seul deux hôpitaux en Belgique ont un système de partage d'images comparable à URIS. Cependant, il y a une nuance. A l'UZ Gent, le système permet un partage d'images au sein du même hôpital. Mais aux cliniques universitaires Saint-Luc, ils ont une plateforme d'images de lames digitalisées qu'ils peuvent partager avec des experts en dehors de l'hôpital. Ce système pourrait être comparé à celui implémenté lors du projet en Russie.

De plus, les hôpitaux ne se sont pas limités à ça. L'UZ Leuven a installé un algorithme capable d'évaluer la capacité des poumons des patients. Elle en a également un autre capable de détecter l'arthrite chez les enfants dans 90% des cas. Cet algorithme permet aussi de prévoir quel patient sera répondu le mieux au traitement.

Afin de pouvoir exploiter au mieux l'intelligence artificielle, les hôpitaux doivent s'équiper des matériaux adéquats. C'est pour cette raison que l'UZ Leuven a acquis un scanner Naeotom Alpha photon counting CT. C'était l'un des premiers hôpitaux en Belgique à acquérir ce scanner dernière génération capable de produire des images avec une qualité augmentée de 50% par rapport au meilleur scanner. Les cliniques universitaires Saint-Luc ont acquis un scanner de lames qui permet d'analyser et de digitaliser les images des tissus. Dans la même optique, tous les hôpitaux du CHU UCL Namur ont été équipés de scanners Canon qui permettent de réaliser des CT cardiaques pour l'analyse des artères coronaires.

Pour terminer, les cliniques universitaires Saint-Luc ont compris l'importance du diagnostic et de surveiller les organes. C'est pour cela qu'ils ont introduit l'échographie Doppler dans leur système. C'est un examen réalisé à des fins diagnostiques pour l'étude et la surveillance des fonctionnements des organes et des flux sanguins. Par exemple, en cardiologie, elle est utilisée pour déceler l'apparition d'une maladie du cœur.

On constate que l'intelligence artificielle est plus utilisée dans les hôpitaux que ce que l'on pourrait croire. Les hôpitaux utilisent différentes plateformes selon leurs besoins ou leurs domaines d'expertise. Cependant, l'intelligence artificielle n'est pas encore assez mature pour pouvoir fonctionner seule. Elle nécessite toujours une vérification humaine. Ceci est un point négatif car la

plupart des médecins pensent qu'au final ça leur prend plus de temps de vérifier que s'ils avaient fait le rapport eux-mêmes. De plus, il y a un autre problème concernant l'intégration de l'IA dans les hôpitaux qui n'est pas moindre : c'est son coût. Selon le Dr. Van Hoe, une plateforme peut coûter entre 20.000 et 30.000 € par année, ce qui est assez conséquent.

On constate que l'innovation apportée grâce à l'intelligence artificielle dans les départements de radiologie en Russie sont plus importants que ce qui se fait actuellement en Belgique, mais d'où vient cet écart ? Tout d'abord cela peut s'expliquer par les moyens financiers. La Russie, et plus précisément Moscou a hérité du passif de l'URSS qui était un état très aisé. Le Dr. Morozov définit Moscou comme un mini-pays dans un pays. C'est une ville tellement grande qu'elle fonctionne de manière autonome. Le projet URIS a été appuyé par les autorités dans une digitalisation de la capitale. Le maire de Moscou a donc fait en sorte de pouvoir débloquer des fonds afin de mener à bien ce projet. En Belgique, la situation est tout autre. Bien que les médecins acceptent de faire des tests avec les plateformes, il est plus difficile d'obtenir des fonds et un appui des autorités belges. Les résultats n'étant pas assez prometteurs en Belgique, très peu sont prêts à payer pour l'IA actuelle. Un autre point concerne la taille des équipes. Le Dr. Van Hoe m'a expliqué que les départements de radiologie en Belgique sont assez petits avec beaucoup de travail. Ce qui signifie qu'il est difficile d'assigner un ou deux médecins au tests et développements de l'IA en radiologie. En Russie, ils avaient les ressources nécessaires afin de dédier une équipe entière uniquement à ce projet.

A l'heure actuelle, il serait difficile d'envisager un projet de l'envergure d'URIS en Belgique du à un manque de ressources financières et physiques mais cela n'empêche pas les hôpitaux belges d'innover et de tester des plateformes à leurs échelles.

4. Problèmes d'éthique

Les questions éthiques ne sont pas nouvelles. Les chercheurs se demandent comment intégrer l'IA dans différents domaines. C'est pour cela qu'en 2007 la Corée du Sud publie une charte sur l'éthique des robots afin de poser des limites aux utilisateurs ainsi qu'aux constructeurs. En 2009, le MIT organise une conférence qui réunit les experts afin de se poser des questions dans ce domaine.

Lorsque l'on parle de l'intelligence artificielle, il est impératif de mentionner les problèmes d'éthique qui viennent ternir les incroyables résultats qu'elle est capable d'apporter. J'ai expliqué plus haut que l'intelligence artificielle devient plus performante grâce aux données qui lui sont apportées et sur lesquelles elle va apprendre. Il faut préciser qu'il y a deux types d'apprentissage : l'apprentissage supervisé et l'apprentissage non supervisé.

L'apprentissage supervisé est l'entraînement d'un algorithme par une intervention humaine, un superviseur, qui va lui permettre de classifier des données et de reconnaître les notions importantes (Galouzis, 2019).

L'apprentissage non supervisé c'est un entraînement sans intervention humaine qui joue le rôle de régulateur moral. L'algorithme comprend par lui-même les données qui lui sont données. C'est ce type d'apprentissage qui pose un problème car les dérives peuvent aller très loin (Galouzis, 2019).

Il y a des exemples moins graves comme une personne qui achète une urne pour y mettre des cendres et l'algorithme d'Amazon qui continue sans cesse de lui en proposer. Et puis il y en a d'autres beaucoup plus graves comme Norman (Galouzis, 2019). Norman est un projet du MIT menée en 2018 pour voir comment se comporte l'algorithme face à de mauvais commentaires et photos issus du site Reddit. Les analystes ont observé son comportement notamment grâce à des tests psychologiques tels que le test de Rorschach. Et ces données ont été comparées à un algorithme entraîné avec des données plus neutres. Les résultats sont étonnantes. On réalise que Norman a développé un comportement hors du contrôle (Cebrian, 2018) . Norman nous apprend que les données utilisées par l'algorithme influencent son comportement.

INKBLOT #10

Norman sees:

“MAN KILLED BY SPEEDING
DRIVER.”



INKBLOT #10

Standard AI sees:

“A CLOSE UP OF A
WEDDING CAKE ON A
TABLE.”

Source: Cebrian, M. (2018). Norman World's first psychopath AI.

Sur l'image ci-dessus, je vous présente un exemple de l'étude menée par le MIT. Au centre, il y a une image qui a été soumise à une AI neutre (à droite) qui a été entraînée avec des données neutres et de tout genre et à Norman (à gauche) qui a été entraîné avec des données très négatives. À gauche, on constate que Norman dit qu'il voit un homme qui a été tué par une voiture qui roulait très vite. Et à droite, l'algorithme neutre voit une photo proche d'un gâteau de mariage. Ceci n'est qu'un exemple

parmi tant d'autres. Ceci prouve que les algorithmes se comporteront en fonction des données qu'ils reçoivent. Avec cette étude, on réalise que l'éthique est un problème central lors de la création de l'IA. Mais du coup, concrètement, qu'est-ce l'éthique ?

Selon Larousse (2018), l'éthique est un ensemble de principes moraux qui sont à la base de la conduite de quelqu'un. En d'autres termes, ce sont des codes culturels qui dictent les comportements d'une société et qui leur disent ce qui est bien ou non. Ce n'est donc pas une science exacte car elle change en fonction du temps et de la société. C'est pour cela qu'il faut ajouter à l'éthique, le concept de biais. Le biais désigne le décalage entre ce qui était prévu à la base, la théorie et ce qui se passe réellement sur le terrain. Les différentes personnes qui entraînent ces algorithmes sont toutes issues de sociétés et cultures différentes.

Un autre problème qui se pose est celui du nombre de cyberattaques qui augmentent. Dans un secteur grandissant avec une hyperconnectivité qui augmente chaque jour, les menaces augmentent aussi de plus en plus. À l'époque, c'était une discussion qui se passait principalement au sein du secteur informatique mais aujourd'hui c'est un problème qui concerne tout le monde. Les PME sont plus vulnérables aux attaques car elles n'ont pas le personnel ni les moyens nécessaires pour être assez résistantes.

Selon une étude de NinjaOne (2022), les cybercriminels sont capables de pénétrer dans 93% des entreprises. Positive Technologies a réalisé des tests afin de comprendre à quel point les entreprises sont protégées contre les cybers attaques. Ces tests révèlent que dans 93% des cas, un criminel est capable d'accéder au réseau local. Bien que les entreprises soient conscientes du danger, seules 14% d'entre elles sont réellement préparées. Il y a aussi une augmentation des attaques sur le cloud. 92% des entreprises hébergent des données sur le cloud et 79% d'entre elles ont déjà subi une attaque. Et tout est en augmentation depuis la crise du Covid.

Pour clore ce chapitre, on réalise qu'il y a une zone grise autour de l'éthique. Bien que les entreprises soient conscientes du danger, seulement une partie d'entre elles sont préparées et les dégâts liés à une attaque peuvent poser quelques problèmes. Tout d'abord, un problème d'ordre financier car une attaque coûte des milliers d'euros à l'entreprise qui est touchée car elle doit stopper ses activités durant quelques heures afin de relancer son système. Ensuite, il y a un problème de confidentialité. Si une entreprise est piratée, les hackers ont accès à des milliers de données et certaines peuvent être sensibles. Ceci décrédibiliserait l'entreprise auprès de ses utilisateurs, ce qui pourrait, in fine, leur faire perdre aussi de l'argent. Il est essentiel de régler les problèmes liés à l'éthique rapidement car l'utilisation de l'IA est en augmentation et si un accord n'est pas arrêté ça pourrait poser problèmes dans les prochaines années et freiner l'innovation.

Cette question d'éthique se pose d'autant plus que beaucoup de médecins ont été amenés à travailler à domicile. Cela a été le cas du Dr. Van Hoe. Il m'a expliqué que c'est une équipe IT de l'hôpital qui est venu installer son poste de travail à domicile afin de s'assurer de la sécurité de l'environnement de travail. L'éthique ne se limite pas qu'au piratage des données. L'hôpital OLV d'Alost, en collaboration avec l'UZ Leuven, est très strict au niveau de la confidentialité des données des patients. Il m'a expliqué qu'il arrive que des médecins soient virés pour avoir regardés des dossiers qui ne sont pas reliés à leur fonction.

5. Présentation et interprétation des résultats

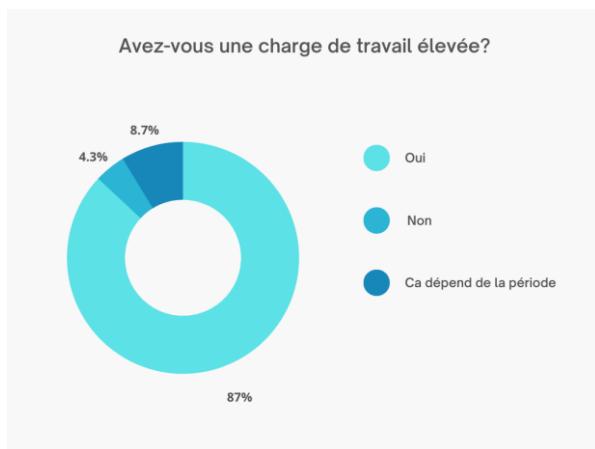
Dans cette partie, je vais vous présenter les différents résultats obtenus grâce à mes interviews et questionnaires. Comme je l'ai mentionné dans la partie précédente, j'ai créé deux questionnaires : en français et en anglais. Dans un souci de clarté, j'ai regroupé les réponses des deux questionnaires dans un seul graphe. J'ai également décidé de reprendre uniquement les questions qui pourront m'aider à (in)valider les hypothèses. Vous trouverez les questionnaires complets ainsi que leurs réponses en annexe. Mes questionnaires ont obtenu un total de 24 réponses.

J'ai regroupé l'interprétation des résultats en trois parties :

1. La charge de travail : D'après le projet mené en Russie par le Dr. Morozov, il a été démontré que l'introduction de l'intelligence artificielle en Russie a tout d'abord impacté la charge de travail des médecins. Il est donc important de connaître l'intensité du travail.
2. L'affinité avec l'intelligence artificielle : Avant d'aller plus loin dans le sujet, on tâche le terrain pour savoir à quel point les médecins sont en relation avec l'IA et à quel niveau.
3. L'impact de l'intelligence artificielle : Pour terminer, on s'intéresse à l'impact que l'intelligence artificielle a déjà dans les hôpitaux et à quel point elle impacte déjà les différents services.

5.1. La charge de travail

Question 3 : Avez-vous une charge de travail élevée ?

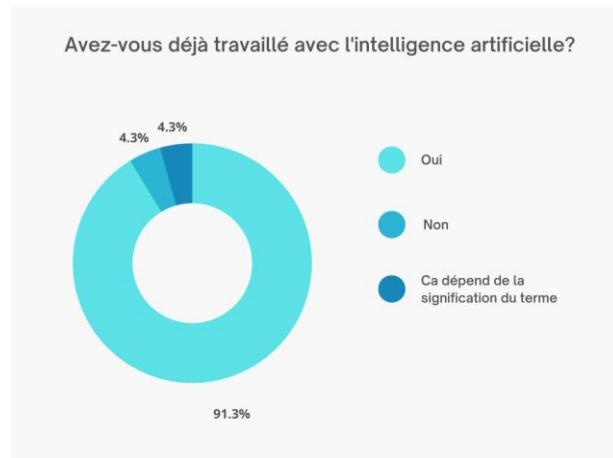


On constate que 87% des répondants disent avoir une charge de travail élevée. Ceci est une tendance qui m'a également été confirmée lors d'une conversation informelle par une secrétaire médicale travaillant dans le service radiologie de l'hôpital Sainte-Anne Saint-Rémi à Anderlecht, en région de Bruxelles-Capitale. Cette réponse est importante car elle indique déjà qu'il y a un problème.

Il est prouvé que sous une charge de travail trop élevée, toute personne ne sera pas capable de travailler de façon performante. C'est également le cas pour le médecin, qui pourrait passer à côté de certaines choses s'il est surchargé.

5.2. L'affinité avec l'intelligence artificielle

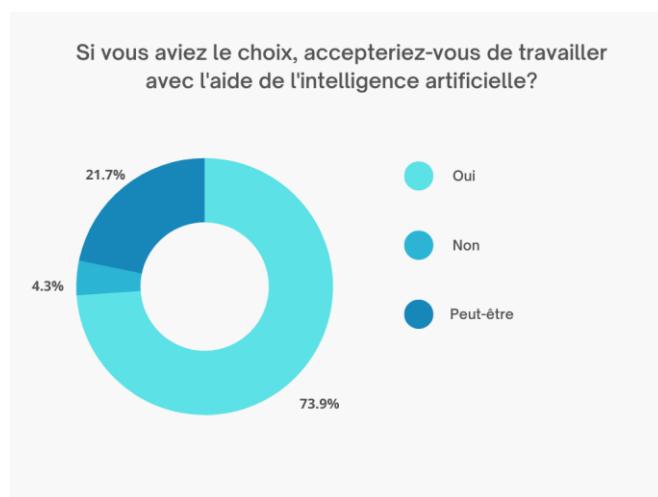
Question 6 : Avez-vous déjà travaillé avec l'intelligence artificielle ?



Question 5 : Quelles sont vos peurs concernant l'intelligence artificielle ?

J'ai décidé de ne pas copier/coller toutes les réponses pour cette question. Vous retrouverez le détail des réponses en annexe. Les réponses qui reviennent le plus souvent sont la déshumanisation de l'hôpital, l'augmentation du travail du fait qu'il faudra apprendre à maîtriser les algorithmes et les coûts liés à l'implémentation de l'intelligence artificielle.

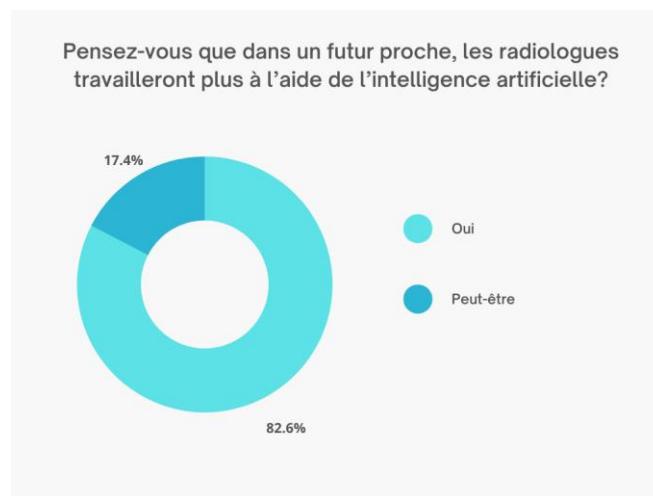
Question 7 : Si vous aviez le choix, accepteriez-vous de travailler avec l'aide de l'intelligence artificielle ?



Question 14 : Selon vous, pourquoi est-ce que l'intelligence artificielle n'est pas encore suffisamment répandue en Belgique dans le milieu médical ?

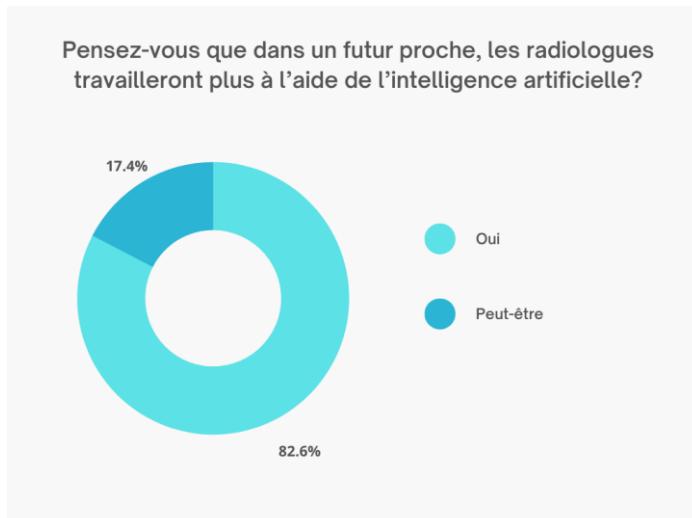
J'ai décidé de ne pas copier/coller toutes les réponses pour cette question. Vous retrouverez le détail des réponses en annexe. Les réponses qui revenaient le plus souvent étaient liés aux coûts et au fait que les médecins trouvent que les différents logiciels ne sont pas assez précis.

Question 15 : Pensez-vous que dans un futur proche, les radiologues travailleront plus à l'aide de l'intelligence artificielle ?

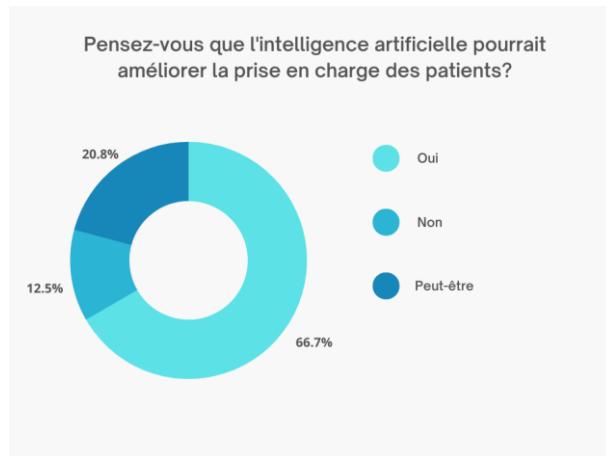


5.3. Impact de l'intelligence artificielle

Question 8 : Pensez-vous que vous pourriez être plus efficace en travaillant avec de l'intelligence artificielle ?



Question 11 : Pensez-vous que l'intelligence artificielle pourrait améliorer la prise en charge des patients ?



5.4. Analyse des résultats

La question 6 demande aux médecins s'ils ont déjà eu à faire à l'intelligence artificielle dans leur métier. On constate que la plupart d'entre eux ont déjà été confrontés à l'IA. La réponse est intéressante car, contrairement à ce que je pensais, l'IA est déjà un peu répandue dans le milieu. D'autant plus que leurs années d'expérience varient entre deux ans et 33 ans de métier.

A la question suivante, je leur demandais quelles étaient leurs peurs par rapport à l'IA. D'après la littérature, beaucoup de personnes sont effrayées par l'IA par manque de connaissance. Je voulais donc vérifier si cela s'avérait être vrai. Mais je voulais également comprendre quelles étaient les réticences exactes des répondants envers ces nouvelles technologies. Les réponses à cette question étaient assez variées.

Tout d'abord, beaucoup de personnes ont mentionné l'augmentation de la charge de travail. Ils estiment qu'apprendre à maîtriser les différents algorithmes demande de l'investissement et du temps. De plus, les médecins pensent, que comme toutes machines l'IA commettra des erreurs. Bien que tout le monde commette des erreurs, ici il y a des vies en jeu et une erreur pourrait s'avérer fatale dans les pires des cas. Pour diminuer sa marge d'erreur, il faudrait qu'un expert repasse derrière lui et ça lui demanderait encore du temps. De plus, un répondant a précisé que les hôpitaux n'étaient pas préparés à recevoir ces nouvelles technologies, que ce soit en termes d'infrastructures ainsi que de personnel qualifiés.

Pour d'autres, la peur se situe au niveau de leur job. C'est un job qui demande des années d'études et des années d'expérience pour être spécialisé dans un domaine. Ils craignent qu'à cause des algorithmes et des machines, que certaines tâches soient déléguées à des personnes moins qualifiées.

Pour terminer, un dernier point qui est également revenu fréquemment c'est le coût. Comme tout projet, il a un coût. Et les médecins se demandent qui va financer tout ça. Certains ont tout de même mentionné qu'ils n'avaient aucune peur concernant l'IA.

A la question 7, je leur demande s'ils accepteraient de travailler avec l'IA. 73,9% des gens ont répondu oui. A la question 6 qui était "Avez-vous déjà travaillé avec l'intelligence artificielle ?" 91,3% des répondants avaient déjà utilisé l'IA dans leur métier. Si on compare les deux questions, on pourrait dire que 20% d'entre eux n'étaient pas satisfaits de leur expérience ou bien ils y ont été confrontés de force. Pour s'assurer qu'une nouvelle technologie puisse être utilisée de façon optimale, il faut que tout le monde soit préparé à ce changement et y adhère.

D'après mes recherches théoriques, je constate que l'IA n'est pas très populaire en Belgique. J'ai donc voulu demander aux médecins quelle était la raison. La plupart des réponses qu'ils m'ont donné étaient liés aux coûts et au fait que les logiciels actuels n'étaient pas assez performants.

Pour clôturer cette partie, j'ai demandé aux médecins s'ils pensaient qu'ils travailleront de plus en plus à l'aide de l'intelligence artificielle à la question 15. La majorité a répondu oui. Cela signifie qu'ils sont conscients des avancées et des enjeux représentés par l'IA et qu'ils ne pourront pas y échapper.

Bien que seulement 73,9% des répondants à la question 8 disent qu'ils accepteraient de travailler avec l'IA s'ils en avaient le choix, 82,6% des répondants à la question 8 déclarent qu'ils pensent qu'ils seraient plus performants à l'aide de l'IA. Cela signifie qu'une majorité des médecins sont conscients des avantages que pourrait leur apporter l'intelligence artificielle.

Cependant, les réponses à la question 11 sont étranges. Seul un peu plus de la moitié des répondants pensent que l'intelligence artificielle pourrait améliorer la prise en charge des patients. J'avais ajouté une question additionnelle après la question 11 pour demander aux médecins de justifier leurs réponses. D'après leurs réponses, ils ne voient pas très bien les avantages que cela pourrait apporter aux patients.

Pour résumer les résultats des questionnaires, on constate que la charge de travail pour la plupart des radiologues est assez élevée. Et cela est un problème car ça a un impact sur leur façon de travailler. Ce qui, à terme, pourrait avoir un impact sur les patients. En ce qui concerne l'affinité des médecins avec l'intelligence artificielle, la plupart d'entre eux en ont déjà eu à faire à l'intelligence artificielle et 72% d'entre eux accepteraient de travailler encore avec l'IA s'ils en avaient le choix. Cependant, ils ont tout de même quelques réticences face à cette nouvelle technologie comme le coût et le fait que certaines personnes non qualifiées puissent utiliser ces logiciels pour faire des diagnostics. Malgré leurs réticences, ils sont conscients des enjeux et du changement et des nouvelles demandes du marché qui les forceront à devoir utiliser des nouvelles méthodes de travail pour pouvoir y répondre. Et pour finir avec l'impact de l'intelligence artificielle sur leur travail. D'après leurs connaissances, les médecins sont conscients de l'amélioration que les algorithmes peuvent apporter à leur travail. Cependant, ils ne reconnaissent pas encore l'impact de l'intelligence artificielle sur la prise en charge des patients.

En ce qui concerne les entretiens, tous les deux, les Dr. Morozov et Van Hoe m'ont affirmé avoir une charge de travail élevée. Et elle ne fait que croître car les images médicales représentent 90% des données médicales. Le Dr. Van Hoe m'a affirmé que le département radiologie de l'OLV Alost voit passer à peu près 400 patients par jour. Ces deux médecins ont tous deux une forte affinité avec l'intelligence artificielle. Ils voient tous deux les bénéfices qu'elle peut apporter dans la radiologie. Le

Dr. Van Hoe nuance tout de même. L'intelligence artificielle que l'on connaît actuellement n'est pas encore capable de fonctionner de façon autonome car elle fait encore beaucoup d'erreurs.

En ce qui concerne l'impact de l'intelligence artificielle, le projet URIS a pu démontrer une amélioration sur la prise en charge des patients. Le Dr. Morozov m'a dit qu'il est passé de 100 appareils connectés à 1500 appareils connectés à la fin. Ceci a permis de construire un portail clients afin qu'ils puissent eux-mêmes accéder à leurs données médicales et les télécharger. Tous les mois, au moins 50.000 patients téléchargent leur dossier et il dénombre à peu près de 15 millions d'études et de dossiers médicaux sur la plateforme aujourd'hui. Ceci a un impact sur le bien-être des patients car ils ont accès à leurs dossiers plus facilement s'ils ont besoin de consulter un spécialiste dans le domaine ou s'ils voudraient demander un deuxième avis. Il a été démontré aussi au début de la crise du COVID-19. Au début de la crise, il fallait attendre jusqu'à 2-3 jours avant de recevoir ses résultats de tests et les hôpitaux étaient surchargés partout dans le monde. Grâce au projet URIS et à tous les appareils interconnectés, les patients pouvaient être détectés grâce à une IRM des poumons, m'a expliqué le Dr. Morozov. Grâce à aux scanners de la poitrine, les médecins étaient capables de dire qui devait absolument être hospitalisé et qui pouvait se faire soigner chez soi. Ce fut une grande avancée car ça a permis de désengorger les hôpitaux. Il a également intégré différents algorithmes d'intelligence artificielle afin d'automatiser certaines tâches au sein du département pour un gain de temps et d'argent. Il a avoué que la plupart étaient assez récents. Ceci signifie qu'en théorie ils étaient très prometteurs mais en pratique un peu plus difficile à mettre en place. Cependant, la plupart d'entre eux ont pu murir et être mis en place dans les hôpitaux et polycliniques. Le Dr. Morozov est satisfait par les résultats obtenus avec l'implémentation de l'URIS mais pense que ce n'est qu'un seul des multiples scénarios possibles. Selon lui, chaque hôpital a ses spécificités et ses propres tâches et devrait implémenter un système qui répond à leurs attentes. Cependant, l'un de ses plus grands obstacles a été les médecins. Au début, ils étaient contre ce projet. Ceci était surtout du au fait qu'ils avaient très peu de connaissances sur le sujet et ne savaient pas à quoi s'attendre.

Le Dr. Van Hoe a également confirmé que les plateformes actuelles sont être utiles comme Gleammer qui détecte les fractures. Il m'a montré des exemples concrets où il aurait pu rater des cas que l'intelligence artificielle a détecté. Grâce à cette plateforme, ils arrivent à donner des traitements efficaces aux patients. Mon interview avec le Dr. Van Hoe m'a permis de faire une idée concrète de la réalité du terrain en Belgique. L'analyse littéraire nous a montré les côtés positifs et avantages de l'intelligence artificielle. Si en théorie tout semble merveilleux, en pratique la réalité est différente. Tout d'abord, la plupart des plateformes qui existent ne sont pas assez matures pour fonctionner seule. Un médecin doit toujours passer derrière pour vérifier ses résultats. Car si un faux rapport est envoyé à un médecin, c'est le radiologue qui sera tenu pour responsable.

6. Validation ou invalidation des hypothèses

Après avoir analysé les résultats obtenus, nous pouvons maintenant parcourir les différentes hypothèses posées au début du chapitre et les valider ou les invalider. Pour rappel, les hypothèses étaient les suivantes :

4. Certaines tâches pourraient être automatisées par les algorithmes, ce qui **diminuerait de la charge de travail des médecins**.
5. Avec l'intelligence artificielle qui est capable de lire les images, les patients pourraient obtenir des résultats plus rapidement car les algorithmes travaillent 24h/24. Et in fine, **améliorer la prise en charge des patients**.
6. Sur le long terme, l'implémentation de l'intelligence artificielle en radiologie permettrait de **réduire les coûts**.

6.1. Hypothèse numéro 1 :

“Certaines tâches pourraient être automatisées par les algorithmes, ce qui **diminuerait de la charge de travail des médecins**”

D'après les résultats obtenus lors du projet mené en Russie, il a été rapporté que les médecins sont capables de rédiger un rapport en une heure, comparé à 5 jours auparavant. Selon le Dr. Morozov, la charge de travail a tellement diminué que Moscou serait capable de fournir la même quantité de travail avec la moitié des médecins.

Cependant, les médecins belges ont exprimé certaines réticences par rapport à l'apprentissage de ses algorithmes. Certains pensent que l'introduction de l'IA augmenterait leur charge de travail car ils devraient apprendre à maîtriser ces nouveaux logiciels. De plus, comme l'ont dit beaucoup de médecins dans le questionnaire ainsi que le Dr. Van Hoe, les plateformes actuelles ne sont pas capables de fonctionner de façon autonome et les médecins doivent toujours revoir le travail qu'elles ont effectuées. A terme, les médecins pensent que ça leurs prend plus de temps que s'ils avaient rédigé le rapport eux-mêmes.

Pour cette première hypothèse, il est donc difficile de la valider ou l'invalider. Il faut la nuancer. Avec les résultats que j'ai obtenus, j'ai décidé de la valider mais sous certaines conditions. L'implémentation de l'intelligence artificielle dans le département de la radiologie pourrait diminuer la charge de travail des médecins seulement lorsque les plateformes seront assez matures et que les médecins auront reçu une formation adéquate.

Lorsqu'un nouveau projet est implémenté, il est important que tous les acteurs y adhèrent. Pour le cas d'URIS c'était compliqué au début. Afin de mener à bien ce projet, ils ont utilisé les managers des différents hôpitaux comme change managers. Ce qui a facilité l'adhésion des médecins au projet, qui, aujourd'hui, sont contents du résultat.

6.2. Hypothèse numéro 2 :

“Avec l'intelligence artificielle qui est capable de lire les images, les patients pourraient obtenir des résultats plus rapidement car les algorithmes travaillent 24h/24. Et in fine, **améliorer la prise en charge des patients”**

L'hypothèse numéro deux concerne la prise en charge des patients. Dans un hôpital, leurs bien-être est élément clé. L'analyse littéraire a abordé certaines solutions comme les algorithmes qui seraient capables d'améliorer la prise en charge des patients. Tout d'abord, les algorithmes pourraient analyser des questionnaires pré-visites afin de comprendre les symptômes des patients. Ce type de questionnaire permettrait au médecin de ne pas devoir examiner les examens préliminaires et de savoir en amont sur quoi il doit se concentrer. Et de ce fait, il pourra passer plus de temps avec son patient.

Cette meilleure prise en charge a été prouvé par URIS grâce à une disponibilité permanente des dossiers médicaux. Mais également lors de la crise du COVID-19 avec une externalisation des consultations afin de désengorger les hôpitaux mais aussi de permettre aux patients d'obtenir des résultats plus rapides. Dans les hôpitaux belges, cette tendance s'observe aussi grâce à des plateformes qui permettent de donner des diagnostics plus précis comme Icometrix qui calcule le volume du cerveau pour voir si un patient est sujet à des démences.

On constate donc que la première personne impactée par l'intégration de l'intelligence en radiologie est le patient. Tout est mis en œuvre afin de lui apporter un diagnostic plus précis et plus rapide. Ça permet également aux patients d'avoir un médecin plus présent qui pour ses patients. Nous pouvons donc valider cette deuxième hypothèse.

6.3. Hypothèse numéro 3 :

“Sur le long terme, l'implémentation de l'intelligence artificielle en radiologie permettrait de **réduire les coûts”**

D'après mon interview avec le Dr. Morozov, le projet URIS a permis de faire des économies sur le long terme. Tout d'abord parce que les médecins travaillaient plus vite. Ensuite, il n'a pas fallu engager beaucoup de nouveaux médecins. Grâce au partage des données, les médecins pouvaient avoir accès aux données peu importe où ils se trouvaient. Cela veut dire qu'un examen réalisé dans un hôpital peuvent être rapporté par un médecin expert dans le domaine travaillant dans un autre hôpital.

Une réponse qui est souvent revenue dans les questionnaires était relié au coût de l'IA. Le Dr. Van Hoe m'a dit qu'une plateforme peut coûter entre 20.000 € et 30.000 € par an. Ceci représente un coût énorme d'autant plus que l'IA est par définition restreinte. Cela veut dire qu'un algorithme sera développé pour une seule et unique fonction. Ce qui n'est pas pratique car il faudrait des dizaines de plateformes différentes pour résoudre tous les problèmes. Economiquement, ce n'est pas faisable. Un autre problème en Belgique, lié à ces coûts c'est qui va payer ? Les hôpitaux disent ne pas avoir d'argent pour pouvoir investir et les autorités n'ont plus.

Il est vrai que sur le long terme, l'IA pourrait réduire des coûts. Par exemple, si un algorithme est utilisé pour l'automatisation de certaines tâches on pourrait attribuer les personnes à d'autres tâches. Et les médecins pourraient se spécialiser dans un domaine et on n'aurait pas besoin d'engager toutes sortes d'experts car les patients pourraient directement aller les voir avec leur dossier médical digitalisé. Nous pouvons donc valider la troisième hypothèse mais tout en la nuançant. Les hôpitaux qui désirent faire des gains en introduisant l'intelligence artificielle devront être patient car ils ne verront leur retour sur investissement directement. Cela prendra plusieurs années et vient avec d'autres avantages. Si le but est de faire des économies dans l'immédiat, il faudra choisir un autre moyen.

7. Conclusion

Pour conclure, le but de ce chapitre était de répondre à la question de recherche. Nous avons démarré cette discussion avec une comparaison entre la Belgique et la Russie. Il en est ressorti qu'il y avait un écart au niveau de l'implémentation de l'intelligence artificielle en radiologie en Russie et en Belgique. Mais cet écart peut s'expliquer par des raisons financières. Moscou a hérité du passif financier aisément de l'URSS. Alors qu'en Belgique la réalité est tout autre car les autorités sont plus réticentes à investir dans l'intelligence artificielle notamment à cause du nombre faible de résultats favorables. Et ce nombre bas s'explique par les ressources disponibles. En Russie, ils avaient assez de ressources disponibles afin de dédier une équipe entière au projet URIS. En Belgique c'est compliqué car chaque département est assez petit mais avec une charge de travail élevée. De ce fait, il est plus compliqué que des médecins puissent s'occuper de tester et d'intégrer l'intelligence artificielle dans leur service.

Pour pouvoir répondre à la question de recherche, j'avais émis trois hypothèses que je devais donc confirmer ou infirmer à la suite de l'analyse de mes résultats. Les résultats obtenus ont permis de confirmer sans hésitation l'hypothèse numéro deux qui concernait une meilleure prise en charge pour les patients. Cela a été prouvé par le projet URIS mais également par les radiologues qui sont conscients que leur façon de travailler va changer.

Les hypothèses numéro un et trois ont pu être confirmées mais en les nuançant. Pour l'hypothèse numéro 1 qui concerne la charge de travail des médecins, il est vrai qu'elle sera diminuée mais sur le long terme. Il faut d'abord que les médecins maîtrisent les logiciels et que les logiciels puissent murir afin de fonctionner de façon autonome à 100%. L'intégration de l'IA dans le service radiologie sera longue et couteuse mais les bénéfices se feront sentir sur le long terme. Et il en va de même pour l'hypothèse numéro 3 qui concerne la diminution des coûts. Le retour sur investissement ne se fera qu'après plusieurs années et lorsque l'IA sera presque aussi performante qu'un être humain. Mais la façon dont elle est utilisée actuellement ne permet pas encore de réduire les coûts.

V. Conclusion, recul critique et limites

J'ai décidé d'écrire ce mémoire sur l'intelligence artificielle car c'est un sujet qui me passionne. De plus, c'est une technologie grandissante qui nous entoure de plus en plus. Il est donc important de comprendre ce sujet avant qu'il nous ne dépasse. J'ai choisi d'aborder l'intelligence dans le milieu médical car je trouvais intéressant de comprendre comment pouvait cohabiter l'intelligence artificielle dans un milieu où l'humain est le centre.

L'objectif de ce travail est de répondre à la question de recherche suivante : « Comment l'intelligence artificielle permet d'améliorer la gestion du service en radiologie dans un hôpital ? ». Afin de ne pas se perdre dans le raisonnement j'ai suivi un fil conducteur. Hors l'introduction générale et la conclusion générale, ce travail était divisé en trois parties principales :

- L'analyse de la littérature
- La méthodologie
- Discussion

L'analyse de la littérature avait pour objectif d'expliquer les différents concepts de la question de recherche. La littérature donne la définition suivante de l'intelligence artificielle : c'est un champ d'étude interdisciplinaire réunissant entre autres l'informatique et les neurosciences (CTIC, 2015). Dans sa version la plus simple, on pourrait la définir comme l'intelligence des machines et des logiciels (CTIC, 2015). En d'autres termes, ce sont les machines qui tentent de reproduire l'intelligence humaine. Depuis les années 2000, l'intelligence artificielle ne cesse de croître de façon exponentielle. Et ses progrès ne cessent de s'améliorer années après années dans tous les domaines. Dans l'imagerie médicale, l'entreprise Heartflow, qui reconstitue des cœurs en image 3D à partir d'images de scanner, est très prometteuse aux Etats-Unis.

Cependant, on ne peut pas mentionner l'intelligence artificielle dans le milieu médical sans mentionner la place du médecin. Comme dans tous les secteurs, ils sont inquiets de se voir perdre leur place au détriment de cette technologie. Même si la plupart des sources mentionnent les bienfaits de l'intelligence artificielle, elles appuient toutes sur le fait que l'intelligence artificielle n'a pas la vocation ni la capacité de remplacer les médecins. Ces différentes plateformes sont là afin de soutenir le radiologue. L'exemple le plus concret que j'ai obtenu est la plateforme Gleammer qui détecte les fractures. Elle est utile pour les radiologues car elle a été capable de détecter certaines fractures que les médecins n'auraient pas vu à l'œil nu.

Ensuite, la partie méthodologie. Cette partie est consacrée à la façon dont j'ai obtenu les données du terrain. J'ai utilisé deux façons différentes pour obtenir mes données. J'ai distribué un questionnaire auprès de radiologues belges via la société belge de radiologie. J'ai distribué deux questionnaires, un en français et un autre en anglais afin de toucher le plus de radiologues possibles. Ces questionnaires contenaient chacun 17 questions, dont 16 questions obligatoires et la dernière facultative. J'ai également eu deux entretiens. Le premier avec le Dr. Sergey Morozov qui a initié le projet URIS à Moscou. Ce projet est le point de départ de la partie discussion de ce mémoire. Ensuite, j'ai eu un entretien avec le Dr. Lieven Van Hoe de l'hôpital OLV d'Alost. En plus de répondre à mes questions, le Dr. Van Hoe m'a fait visiter le département radiologie et m'a montré des exemples concrets d'utilisation d'intelligence artificielle dans son service.

Ensuite, vient la discussion. C'est dans cette partie que nous allons confronter les données issues de la littérature avec celles obtenues sur le terrain. C'est dans cette partie que nous analyserons les résultats obtenus afin de valider ou invalider les hypothèses.

Pour rappel, l'objectif de ce mémoire était de répondre à la question suivante : « Comment l'intelligence artificielle permet d'améliorer la gestion du service en radiologie dans un hôpital ? ». Pour démarrer cette discussion, j'ai décidé de faire une comparaison avec un projet qui a été mené en Russie : URIS. Le but de ce projet russe était de réformer le service radiologie à Moscou. Sous le chef du Dr. Morozov, plus de 1000 appareils ont été installés dans des polycliniques. Ensuite, toutes ces machines ont été connectées entre elles afin de fonctionner comme un seul département. Ceci a été rendu possible grâce au logiciel Agfa HealthCare. Avant de pouvoir faire une comparaison, il fallait tout d'abord faire un état des lieux en Belgique. J'ai fait un tableau comparatif reprenant les meilleurs hôpitaux des trois régions dans lequel je reprends les différentes plateformes et algorithmes utilisés dans les hôpitaux.

| | Description |
|---|---|
| UZ Leuven | <p>On retrouve le logiciel ArtiQ-PFT. C'est un scanner qui évalue la capacité des poumons des patients.</p> <p>En 2019, l'UZ Leuven a acquis un scanner Naeotom Alpha photon counting CT. C'est un scanner de haute performance qui analyse chaque photon distinctement et donc de produire des images plus détaillées. Cela augmente la netteté de 50 %.</p> <p>Ils ont également un algorithme de machine learning qui peut diagnostiquer l'arthrite chez les enfants avec une précision de 90%, simplement basé sur une analyse sanguine. Cela permet d'avoir un diagnostic plus rapide et de prévoir qui réagira le mieux au traitement.</p> |
| UZ Gent | <p>L'hôpital de Gand a implanté le système Agfa Healthcare IMPAX qui est une plateforme de gestion d'images regroupées. Ce système au sein de l'hôpital permet aux médecins d'accéder à toutes les images de l'hôpital au sein d'une même plateforme.</p> <p>En Belgique, ce sont les recherches universitaires qui mettent en avant le pays sur le plan de la recherche sur l'intelligence artificielle (xxx). Pour l'hôpital de Gand, ce sont différentes recherches qui sont menées par l'UGhent. L'université de Gand effectue des recherches en intelligence artificielle pour les domaines différents :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analyse des images médicales • Support à la prise de décision • Prévoir les blessures (milieu sportif) • Reconstruction des images médicales et analyses |
| Cliniques universitaires Saint-Luc | <p>Les cliniques universitaires Saint-Luc ont décidé d'intégrer l'intelligence artificielle pour l'anatomopathologie (l'étude morphologique des anomalies macroscopiques et microscopiques des tissus biologiques). Pour ce faire, ils ont installé un scanner de lames et une plateforme de partage d'images lames digitalisées. Ceci leur permettra de partager les images à de multiples utilisateurs, même éloignés. Ceci est très utile pour le diagnostic, la formation, l'enseignement et la recherche.</p> |

| | |
|----------------------|---|
| | Ils ont également implémenté l' échographie Doppler . C'est un examen d'imagerie médicale réalisé à des fins diagnostiques et expérimentales pour étudier ou surveiller le fonctionnement d'un organe, ainsi que les flux sanguins dans les veines et les artères. Cette échographie est aussi utilisée en Cardiologie pour déceler ou surveiller l'apparition et le développement d'une maladie du cœur ou d'autres d'anomalies. |
| CHU UCL Namur | <p>Le CHU Namur estime que le service d'imagerie médicale occupe une place centrale de la démarche diagnostique dans la grande majorité des pathologies. C'est pour cela qu'ils ont installés des scanners Canon sur leurs trois sites. Ces scanners permettent de réaliser des CT cardiaque qui permettent l'analyse des artères coronaires. Les résultats sont actuellement acquis en moins d'une seconde, ce qui augmente significativement la qualité d'examen. Ces scanners optimisent aussi la sécurité et le confort des patients grâce à la réduction de la dose de radiation et la rapidité des examens.</p> <p>Le CHU Namur est l'un des premiers hôpitaux en Wallonie à avoir rénové ses sites afin de répondre à la demande croissante de l'environnement.</p> |

On constate que les hôpitaux belges testent chacun différents logiciels et achètent des équipements qui pourront les aider à améliorer leur service. Il est clair que la Belgique a conscience des enjeux de l'IA et qu'elle a décidé de faire un pas dans cette direction afin de ne pas rater le tournant. Cependant, les plateformes testées dans les hôpitaux belges ne sont pas comparables au projet qui a été mené en Russie. Cependant, on réalise que c'est difficilement comparable pour deux raisons principales. Tout d'abord, les moyens financiers. La Russie, et plus particulièrement Moscou a une situation économique très confortable grâce à l'héritage reçu de l'URSS. De plus, Moscou bénéficie d'un avantage majeur : le soutien des autorités. Moscou s'est lancé dans un projet de digitalisation des services afin d'améliorer le bien-être des habitants et URIS faisait partie de cette optique. En Belgique, la réalité est tout autre. Les autorités sont réticentes d'investir dans les plateformes d'intelligence artificielle actuelles car elles sont encore trop jeunes et ne sont pas capables de fonctionner sans la supervision d'un être humain. Il semble que personne ne veuille payer pour l'IA médicale. Cependant, même si on est encore loin d'URIS cela n'empêche pas la Belgique d'innover à son échelle.

Pour l'analyse des résultats, je les ai divisés en trois sous-parties :

- La charge de travail
- L'affinité avec l'intelligence artificielle
- L'impact de l'intelligence artificielle

Parmi les résultats obtenus, certains étaient attendus et d'autres un peu plus surprenant. Tout d'abord pour la charge de travail, la réponse est sans équivoque : la charge de travail est élevée pour tous et elle ne cesse de croître. La plupart des médecins ont déjà eu à faire à l'intelligence artificielle mais ils ne sont pas tous d'accord de retravailler avec. Ceci s'explique notamment par sa fiabilité actuelle très faible. En ce qui concerne l'impact de l'intelligence artificielle, les radiologues sont conscients des enjeux. Cependant, ils ont exprimé leurs craintes par rapport au fait que les algorithmes actuels ne sont pas fiables et coûteux.

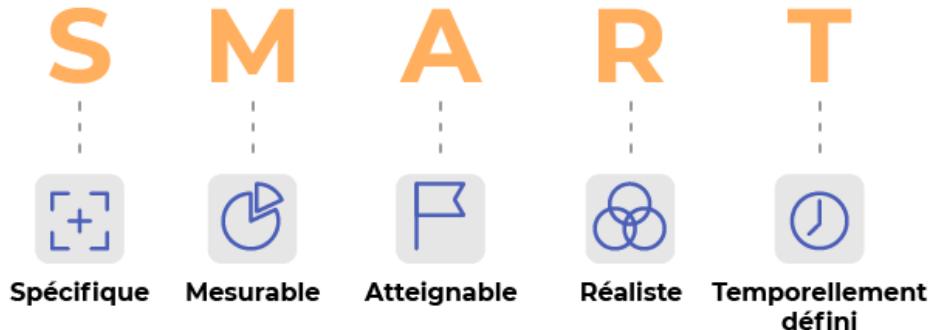
Pour pouvoir répondre à la question de recherche, j'ai émis trois hypothèses :

1. Certaines tâches pourraient être automatisées par les algorithmes, ce qui **diminuerait de la charge de travail des médecins**.

2. Avec l'intelligence artificielle qui est capable de lire les images, les patients pourraient obtenir des résultats plus rapidement car les algorithmes travaillent 24h/24. Et in fine, **améliorer la prise en charge des patients.**
3. Sur le long terme, l'implémentation de l'intelligence artificielle en radiologie permettrait de réduire les coûts.

Ces hypothèses ont été écrites sur bases des informations que j'ai obtenu lors de mon analyse littéraire. J'ai pu confirmer ou infirmer ces hypothèses avec les données récoltées sur le terrain. Pour la première hypothèse concernant la charge de travail il faut la nuancer. Sur base des données que j'ai récoltée, j'ai décidé de la confirmer mais il faut tout de même la nuancer. Il est vrai que sur le long terme elle diminue la charge de travail des médecins mais ce n'est pas encore le cas. Les algorithmes tels qu'ils sont utilisés pour l'instant ne sont pas fiables. Les médecins doivent toujours vérifier les résultats obtenus. Ils estiment qu'au final ça leur prend plus de temps de vérifier ce que l'IA a fait. Il en va de même pour l'hypothèse numéro trois. J'ai décidé de la confirmer tout en la nuançant. L'implémentation de l'intelligence artificielle est un coût et pas des moindres. Une plateforme peut coûter jusqu'à 30.000€ par an. Il faut un petit temps avant de voir le retour sur investissement. Cependant, sur le long terme, il est vrai que ces plateformes permettent de réduire les coûts car certaines tâches seront automatisées et les médecins pourront se spécialiser ou se former à des tâches et des cas plus compliqués qui requièrent plus d'attention. L'hypothèse numéro deux qui concerne l'amélioration de la prise en charge des patients peut être confirmée sans hésitation. Bien que les médecins et patients ont quelques peurs à l'égard de cette nouvelle technologie, on constate que les patients sont les premiers impactés par l'implémentation de l'intelligence artificielle dans le service radiologie. Les médecins utilisent les plateformes comme support ce qui leurs permet de faire un rapport plus rapidement mais également plus précis. Dans certains cas, il est possible que l'IA voit des choses que le médecin aurait pu manquer. Avec une moyenne journalière de rapports à écrire, il arrive qu'à la fin le médecin se fatigue et que sa concentration diminue.

Afin d'aller plus loin dans ce mémoire, j'ai décidé d'émettre des recommandations académiques afin d'aider les départements de radiologie à tirer le meilleur de l'implémentation de l'IA dans leur service. Durant mes années d'études, j'ai appris qu'une recommandation doit répondre à certains critères. Ces critères sont repris sous l'acronyme S.M.A.R.T. qui sont expliqués dans l'illustration ci-dessous.



Source : OpenClassrooms. (2022). Télétravaillez efficacement.

J'ai écrit ces recommandations sur bases de connaissances que j'ai obtenu tout au long de l'écriture de ce travail et grâce aux réponses des radiologues. Les recommandations sont les suivantes :

- 1) Les hôpitaux belges devraient intégrer une **plateforme de partage d'images médicales** semblable à celle de Agfa HealthCare afin de pouvoir partager les données entre-eux.
- 2) Les hôpitaux devraient organiser **une formation pour les radiologues** afin qu'ils puissent apprendre à utiliser de manière optimale les algorithmes implémentés dans leur service.
- 3) Les hôpitaux devraient mettre en place **un plan stratégique** afin de que les médecins adoptent le changement.

Ces trois recommandations sont spécifiques car chacune d'entre elle a un objectif précis. La première vise à l'implémentation d'un logiciel bien spécifique pour faciliter la collaboration. La deuxième a pour but d'aider les médecins à mieux utiliser leurs nouveaux outils de travail. Et la dernière vise la mise en place d'une stratégie pour faciliter le changement. Pour la mesure de ces recommandations, on pourra les mesurer grâce à des critères tels que la productivité des radiologues ou bien encore la précision des diagnostics. Les trois recommandations semblent atteignables et réalistes car ce sont des choses qui ont déjà été faites ailleurs. Cependant, il se peut qu'il faille faire certains aménagements dans certains hôpitaux afin qu'ils puissent tous être équipés et utiliser leur logiciel le plus efficacement possible. Et pour terminer ces recommandations sont définies dans le temps car ce sont des recommandations qui permettront aux hôpitaux d'atteindre de plus grands objectifs tels que l'implémentation généralisée de plateforme dans l'hôpital. Ce sont des recommandations qui leurs permettent d'anticiper le changement.

Tout au long de mes années d'études, on nous a appris à avoir un recul critique. Il est donc important que j'en prenne un dans ce travail aussi. Pour commencer, l'intelligence artificielle est un sujet très vaste et encore récent. Ce n'est que depuis les années 2000 qu'elle a fait un bond et se développe dans notre société. Il existe énormément d'études et de recherches sur le sujet. L'accès à l'information n'est pas compliqué mais il y a tellement de sources qu'il est parfois difficile de savoir laquelle choisir. Le choix des sources est totalement subjectif et je l'ai fait sur base de la direction que je voulais prendre. L'écriture de ce mémoire a nécessité des nombreuses heures de recherche et de lecture. Je suis

consciente que certains aspects auraient pu être approfondi mais la précision m'obligeait à faire des choix. Par exemple, je n'ai pas pu m'éterniser sur certains sujets, comme l'éthique, que j'estime être important. Cela s'explique par le fait que ce n'était pas un point central de ce mémoire. Et le problème s'est également posé pour beaucoup d'autres parties. En résumé, c'était difficile pour moi de suivre le fil rouge que je m'étais fixé car il y a beaucoup de choses à mentionner. J'ai donc dû faire un choix et décider de sélectionner uniquement certaines informations au détriment d'autres. Toutes les hypothèses et informations citées dans ce mémoire sont ma sélection. Mais ce ne sont pas les seules informations existantes à ce sujet. Et d'autres hypothèses auraient pu être choisies. J'ai choisi celles que j'estimais être pertinente pour ma question de recherche.

Lors de l'écriture de ce mémoire, j'ai rencontré plusieurs obstacles. Tout d'abord, dû à l'étendu du sujet, il était compliqué pour moi de trouver une direction précise à suivre. C'est après plusieurs heures de recherches et lecture, j'ai finalement décidé de m'arrêter dans le secteur hospitalier. Cependant, il était difficile de trouver des exemples concrets en Belgique car beaucoup de projets ne sont qu'à leur forme pilote. C'est pour cela que je remercie le Dr. Lieven Van Hoe de m'avoir fait visiter le département radiologie de l'hôpital OLV Alost. Cette visite m'a permis de me faire une idée plus concrète du sujet. Il faut savoir qu'au niveau des ressources disponibles, il y en a tellement qu'il est difficile de trouver les plus pertinentes.

En ce qui concerne les données issues du terrain, je pense qu'elles sont pertinentes mais il aurait été intéressant d'avoir un plus grand échantillon et d'interviewer plus de médecins. J'ai été confronté à deux problèmes lors de cette récolte de données. Tout d'abord la disponibilité des médecins. Du à leur charge de travail croissante, très peu était disponible pour passer une interview. Ils préféraient répondre au questionnaire en ligne. Un deuxième problème auquel j'ai été confronté fut le temps. J'ai commencé à récolter mes données mi-juin, la période de début de vacances. Je me suis donc retrouvé face à des retours où les personnes étaient en vacances et pas disponible pour me répondre. Ceci est un obstacle que je n'ai malheureusement pas anticipé.

L'étendue de l'utilisation de l'IA ouvre le monde à plusieurs questions. Ce mémoire pourrait être un début de recherche pour d'autres questions. A plus grande échelle, il serait intéressant de mesurer la gestion totale d'un hôpital grâce à l'implémentation de l'IA dans tous les services. Ce qui est sûr c'est qu'il ne faut pas rater le tournant et le saisir dès à présent.

VI. Bibliographie

- Achten, E. Devolder, P. (2022). *Two become one with the unified Enterprise Imaging platform.* Agfa HealthCare. Récupéré le 6 août 2022 de <https://global.agfahealthcare.com/customer-references/ghent-university-hospital/>
- Agfa-Gevaert Group. (2022). With the Unified Radiological Information System (URIS), the Moscow Health Care Department has laid the foundations for connected cares. *Agfa HealthCare.* Récupéré le 20 juin 2022 de <https://global.agfahealthcare.com/customer-references/moscow/>
- Agoria. (2021). *L'UZ Leuven se dote d'un super scanner offrant des images d'une précision inédit.* Agoria. Récupéré le 6 août 2022 de <https://www.agoria.be/fr/societe/digital/healthtech/luz-leuven-se-dote-dun-super-scanner-offrant-des-images-dune-precision-inedite>
- Arazi, O. (2020). *AI won't replace radiologists, but it will change their work.* World Economic Forum. Récupéré le 20 juin 2022 de <https://www.weforum.org/agenda/2020/10/how-ai-will-change-how-radiologists-work/>
- Babich, N. (2020). *What is computer vision and how does it work?* Ax Ideas. Récupéré le 10 juillet 2022 de <https://xd.adobe.com/ideas/principles/emerging-technology/what-is-computer-vision-how-does-it-work/#:~:text=Computer%20vision%20is%20the%20field%20of%20computer%20science,image%20at%20a%20pixel%20level%20and%20understand%20it>
- Balan, A. Sathish Krishna, B. Varun, T. (2018). Emerging trends in healthcare. *Accenture.* Récupéré le 29 juillet 2022.
- Berexia. (2020). *L'intelligence artificielle et la médecine.* Récupéré le 20 avril 2022 de https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2018/04/medsci2018344p283/medsci2018344p283.html
- Blanchot, V. (2020). Histoire de l'intelligence artificielle. *Siècle Digital.* Récupéré le 15 juin 2022 de <https://siecledigital.fr/2018/08/20/histoire-intelligence-artificielle/>
- Brunelle, F., Brunelle, P. (2019). Intelligence artificielle et imagerie médicale : définition, état des lieux et perspectives. *Bulletin de l'académie nationale de médecine.* Volume 203. pp. 683-687. DOI <https://doi.org/10.1016/j.banm.2019.06.016>
- Buzz e-sante. (2021). *IQVIA dévoile une nouvelle étude sur les impacts de l'intelligence artificielle en médecine.* Récupéré le 20 avril 2022 de <https://buzz-esante.fr/iqvia-devoile-une-nouvelle-etude-sur-les-impacts-de-lintelligence-artificielle-en-medecine/>
- CB Insight. (2021). *AI in Healthcare: 90 startups making noise in the industry.* Récupéré le 21 avril 2022 de https://www.cbinsights.com/research/artificial-intelligence-startups-healthcare/?utm_source=CB+Insights+Newsletter&utm_campaign=b04351c80a-ThursNL_9_1_2016&utm_medium=email&utm_term=0_9dc0513989-b04351c80a-86828673
- CHU UCL Namur. (2022). *Imagerie médicale : un parc renouvelé à la pointe de la technologie au CHU UCL Namur – Site de Dinant.* Récupéré le 5 août 2022 de <https://www.chuclnamur.be/imagerie-medicale-un-parc-renouvele-a-la-pointe-de-la-technologie/>
- Clark, J. (2016). What is the internet of things (IoT)? *IBM.* Récupéré le 20 juillet 2022 de <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/what-is-the-iot/>

Conseil des technologies de l'information et des communications. (2015). CTIC. Document PDF. Ottawa, Canada.

Coston, I. (2019). Intelligence artificielle : une aide au diagnostic pour les médecins. *Essentiel Santé Magazine*. Récupéré le 7 juillet 2022 de <https://www.essential-sante-magazine.fr/sante/innovation/intelligence-artificielle-une-aide-au-diagnostic-pour-les-medecins?msclkid=effc5c75b5a711ecbb53308cc96bb26a>

Devillier, N. (2018). Quelle éthique pour l'intelligence artificielle en santé. *The conversation*. Récupéré le 21 avril 2021 de <https://theconversation.com/quelle-ethique-pour-lintelligence-artificielle-en-sante-94852>

Doucet, B. (2021). L'Intelligence Artificielle dans les hôpitaux belges ? Perception, attentes et volontés encore assez floues. *Régional-IT*. Récupéré le 28 juillet 2022 de <https://www.regional-it.be/practice/intelligence-artificielle-dans-les-hopitaux-belges-perception-attentes-et-volontes-encore-assez-floues/>

Filali, N., Livartoswki A., Chabanier, L. (2021). *Intelligence artificielle et médecins: qui va gagner?*. Récupéré le 20 avril 2022 de https://www.ey.com/fr_fr/health/intelligence-artificielle-et-medecins-qui-va-gagner?msclkid=9cde7720b5a311ecb750d07bccf060a6

Fonvirtual. (2021). L'intelligence artificielle dans les entreprises: quelles sont ses utilisations possibles? *Fonvirtual*. Récupéré le 10 juillet 2022 de <https://www.fonvirtual.com/fr/blog/intelligence-artificielle-entreprises/#:~:text=%20Les%20différentes%20utilisations%20de%20l'intelligence%20artificielle%20dans,Pour%20les%20campagnes%20de%20marketing.%20Analyse...%20More%20>

Galouzis, C. (2019). L'intelligence artificielle en Belgique. *AI4Belgium*. Document PDF. Bruxelles, Belgique.

IBM. (2022). *L'intelligence artificielle en médecine*. Récupéré le 20 avril 2022 de <https://www.ibm.com/fr-fr/watson-health/learn/artificial-intelligence-medicine?msclkid=a97331eeb41611eca3ee993c91aca7a4>

IBM. (2022). *Qu'est-ce que l'intelligence artificielle en médecine?* Récupéré le 20 avril 2022 de <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/artificial-intelligence-medicine>

IBM. (n.d.) *What is artificial intelligence in medicine*. Récupéré le 20 juin 2022 de <https://www.ibm.com/topics/artificial-intelligence-medicine>

Imaging Technology News. (2021). *Study Finds AI-powered COVID-19 Solution by RADlogics Reduces Turnaround Time*. Récupéré le 20 juin 2022 de <https://www.itnonline.com/content/study-finds-ai-powered-covid-19-solution-radlogics-reduces-turnaround-time>

Hosny, A., Parmar, C., Quackenbush, J., H. Schwartz, L. and J. W. L. Aerts, H. (2018). *Artificial intelligence in radiology*. Récupéré le 20 juin 2022 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6268174/>

Kahn, A. (2018). La part de l'humain dans la médecine de demain. *Médecine Sciences*, 34, 283-284. Récupéré de https://www.medecinesciences.org/en/articles/medsci/full_html/2018/04/medsci2018344p283/medsci2018344p283.html

La Rédaction. (2021). *Intelligence artificielle : un nouveau règlement européen sur l'IA*. République Française. Récupéré le 5 août 2022 de <https://www.vie-publique.fr/en-bref/279650-nouveau-reglement-europeen-sur-lintelligence-artificielle-ia>

Loncaric, Z. (2018). *Intelligence artificielle et imagerie médicale*. Récupéré le 20 mai 2022 de [Intelligence artificielle et imagerie médicale – DeviceMed.fr](https://www.device-med.fr/intelligence-artificielle-et-imagerie-medicale/)

MACSF. (n.d.). *L'intelligence artificielle fait son entrée en établissement de santé*. Récupéré le 21 avril 2022 de <https://www.macsf.fr/exercice-hospitalier-et-salarie/exercer-a-l-hopital/IA-en-établissement-de-santé?msclkid=f84eef5fa6cd11ec8d93581c07e61c65>

McNemar, E. (2022). How can Artificial Intelligence change medical imaging. *Health IT Analytics*. Récupéré le 20 mai 2022 de <https://healthitanalytics.com/features/how-can-artificial-intelligence-change-medical-imaging>

Ministère de l'Europe des affaires étrangères. (2022). *Présentation de la Belgique*. Diplomatie Gouv. Récupéré le 26 juillet 2022 de <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/dossiers-pays/russie/presentation-de-la-russie/article/presentation-de-la-russie>

Ministère de l'Europe des affaires étrangères. (2022). *Présentation de la Russie*. Diplomatie Gouv. Récupéré le 26 juillet 2022 de <https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/dossiers-pays/russie/presentation-de-la-russie/article/presentation-de-la-russie>

Morozov, S. (2022). With the Unified Radiological Information System (URIS), the Moscow Health Care Department has laid the foundations for connected care. *Agfa HealthCare*. Récupéré le 23 juillet 2022 <https://global.agfahealthcare.com/customer-references/moscow/>

Mudgal, K. S. (2019). The ethical adoption of artificial intelligence in radiology. *BRJ Open*. DOI: <https://doi.org/10.1259/bjro.20190020>

Parlement européen. (2020). *Intelligence artificielle : définition et utilisation*. Récupéré le 15 juin 2022 de <https://www.europarl.europa.eu/news/fr/headlines/society/20200827STO85804/intelligence-artificielle-definition-et-utilisation#:~:text=Intelligence%20artificielle%20%3A%20d%C3%A9finition%20L%E2%80%99IA%20d%C3%A9signe%20la%20possibilit%C3%A9,que%20le%20raisonnement%2C%20la%20planification%20et%20la%20cr%C3%A9ativit%C3%A9.>

Pathak, N. R. (2020). *Medical imaging and artificial intelligence*. Récupéré le 20 juin 2022 de <https://medium.com/analytics-vidhya/medical-imaging-and-artificial-intelligence-a230a15c6834>

Pesapane, F., Codari, M., Sardanelli, F. (2018). *Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine*. Récupéré le 20 juin 2022 de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6199205/>

Petitgand, C. (2020). L'IA dans les hôpitaux: un monde entre promesses et réalité. *The Conversation*. Récupéré de <https://theconversation.com/lia-dans-les-hopitaux-un-monde-entre-promesses-et-realite-132294?msclkid=af8f725fa91e11ec9547b6d3c6b756d5>

Romero, S. (2021). Les hôpitaux flamands ont la cote dans le classement mondial du Newsweek. *L'Echo*. Récupéré le 7 août 2022 de <https://www.lecho.be/economie-politique/belgique/general/les-hopitaux-flamands-ont-la-cote-dans-le-classement-mondial-du-newsweek/10289452.html#:~:text=Selon%20le%20Newsweek%2C%20l%27UZ%20Leuven%20est%20le%20meilleur,ensuite%20l%27UZ%20Gent%20et%20les%20Cliniques%20universitaires%20Saint-Luc.>

Régis, C. (2019). Comment l'IA va transformer le système de santé. *The Conversation*. Récupéré de <https://theconversation.com/comment-lia-va-transformer-le-systeme-de-sante-109496>

- Santé Log. (2018). *Intelligence artificielle et décision médicale: oui mais le médecin décide aussi avec ses tripes*. Récupéré le 20 avril 2022 de <https://www.santelog.com/actualites/intelligence-artificielle-et-decision-medicale-oui-mais-le-medecin-decide-aussi-avec-ses>
- Schneider, D. (2019). *Intelligence artificielle: 4 cas d'usage au service du médecin généraliste*. Récupéré le 20 avril 2022 de <https://mbamci.com/intelligence-artificielle-usage-medecin-generaliste/?msclkid=5ef04f19b5a711eca9feabe72bd33d82>
- Tang, X. (2019). The role of artificial intelligence in medical imaging research. *BRJ Open*. DOI: <https://doi.org/10.1259/bjro.20190031>
- Team Ninja. (2022). 7 Statistiques sur la Cybersécurité que chaque PME et MSP doit connaître en 2022. NinjaOne. Récupéré le 20 juillet 2022 de <https://www.ninjaone.com/fr/blog/7-statistiques-sur-la-cybersecurite-que-chaque-pme-et-msp-doit-connaître-en-2022/#leading>
- The Agility Effect. (2022). *L'IA au Coeur de la refonte hospitalière*. Récupéré le 20 avril 2022 de <https://www.theagilityeffect.com/fr/article/lia-au-coeur-de-la-refonte-hospitaliere/?msclkid=f84e8363a6cd11ecaa61f6b4faf13d19>
- Trafton, A. (2018). Doctors rely on more than just data for medical decisions making. *MIT News*. Récupéré le 20 avril 2022 de <https://news.mit.edu/2018/doctors-rely-gut-feelings-decision-making-0720>
- UGent. (n.d.). *Research*. UGent. Récupéré le 6 août 2022 de <https://ai.ugent.be/research/>
- UZ Leuven. (2019). *Artificial intelligence for the diagnosis of lung disorders*. UZ Leuven. Récupéré le 6 août 2022 de <https://www.uzleuven.be/en/news/artificial-intelligence-diagnosis-lung-disorders>
- Wouters, C. (2019). *Computer algorithms to diagnose juvenile arthritis*. UZ Leuven. Récupéré le 6 août 2022 de <https://www.uzleuven.be/en/news/computer-algorithms-diagnose-juvenile-arthritis>

VII. Compléments bibliographiques

- Amnesty Jeunes. (2022). Présentation de la Russie. *Amnesty Jeunes*. Récupéré le 27 juillet 2022 de <https://jeunes.amnesty.be/jeunes/agis/Agir-Les-projets-creatifs-concours/expositionsvdm/les-sites-pays-crees-par-les-jeunes/russie-lycee-de-berlaymont-waterloo/presentation-du-pays/generalites/article/presentation-de-la-russie#:~:text=Pr%C3%A9sentation%20de%20la%20Russie%20Carte%20d%E2%80%99identit%C3%A9%20Pays%20d%E2%80%99Europe,Moscou%20et%20sa%20population%20de%20147%20millions%20d%E2%80%99habitants>
- Ayache, N. (2018). L'imagerie médicale à l'heure de l'intelligence artificielle. *Santé et intelligence artificielle*. pp. 151-154. Récupéré de <https://hal.inria.fr/hal-01882558/document>
- Berthier, T. Harrel, Y. (2019). *La stratégie russe de développement de l'intelligence artificielle*. Récupéré le 27 juillet 2022 de <https://theconversation.com/la-strategie-russe-de-developpement-de-lintelligence-artificielle-127457>
- Boccara, G. (2017). L'intelligence artificielle: quel impact sur le monde du travail. *Welcome to the jungle*. Récupéré de <https://www.welcometothejungle.com/fr/articles/intelligence-artificielle-quell-impact-sur-le-monde-du-travail>

De Peuter, B. (2022). Medical Imaging at Belgian hospital Ziekenhuis Oost-Limburg transforms itself into a morder, well-respected, tertiary care center. *Agfa HealthCare*. Récupéré le 4 août 2022 <https://global.agfahealthcare.com/customer-references/zol/>

Fairot, M. (2020). Le secteur medical et ses exemples d'intelligence artificielle. *Mailabs*. Récupéré le 21 avril 2022 de <https://www.mailabs.fr/intelligence-artificielle/exemples-intelligence-artificielle/exemples-dintelligence-artificielle-pour-le-secteur-medical/>

Vonintsoa. (2021). *Comment obtenir un brevet d'IA en Europe?* Intelligence artificielle. Récupéré le 20 juillet 2022 de <https://intelligence-artificielle.com/obtenir-brevet-ia-europe/#:~:text=L%E2%80%99Europe%20accorde%20un%20brevet%20%C3%A0%20toute%20invention%20technologique%2C,o%C3%B9%20l%E2%80%99intelligence%20artificielle%20s%E2%80%99est%20enracin%C3%A9%20dans%20notre%20quotidien>.