

Faculté de santé publique

L'Intelligence Artificielle en radiologie : État des lieux et perspectives en Belgique

Mémoire réalisé par
de Spiegeleire Xavier

Promoteur
Pr. Emmanuel Coche
Co-Promoteur
Pr. Nicolas Michoux

Année académique 2023-2024
Master en sciences de la santé publique, finalité spécialisée

Faculté de santé publique

L'Intelligence Artificielle en radiologie : État des lieux et perspectives en Belgique

Mémoire réalisé par
de Spiegeleire Xavier

Promoteur
Pr. Emmanuel Coche
Co-Promoteur
Pr. Nicolas Michoux

Année académique 2023-2024
Master en sciences de la santé publique, finalité spécialisée

Remerciements :

Je tiens à remercier sincèrement mon promoteur ainsi que mon co-promoteur pour leur aide, leur disponibilité ainsi que leur patience pendant les deux années passées à la réalisation de ce mémoire.

Je souhaite aussi remercier la BSR qui a permis la collecte de données auprès de ses membres, ainsi que mon épouse qui a été un soutien de tous les jours.

Le plagiat

Je déclare sur l'honneur que ce mémoire a été écrit de ma plume, sans avoir sollicité d'aide extérieure illicite, qu'il n'est pas la reprise d'un travail présenté dans une autre institution pour évaluation, et qu'il n'a jamais été publié, en tout ou en partie.

Toutes les informations (idées, phrases, graphes, cartes, tableaux, etc.) empruntées ou faisant référence à des sources primaires ou secondaires sont référencées adéquatement selon la méthode universitaire en vigueur.

Je déclare avoir pris connaissance et adhérer au Code de déontologie pour les étudiant-e-s en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses et savoir que le plagiat constitue une faute grave sanctionnée par l'Université catholique de Louvain.

Table des matières

1. Introduction.....	3
Historique de l'IA.....	3
L'ère du numérique dans le monde de la santé.....	5
Le numérique en Imagerie médicale.....	6
L'IA dans le milieu des soins de santé en Belgique.....	12
L'IA et les radiologues.....	15
2. Matériel et méthodes.....	16
Revue de littérature.....	16
Questionnaire.....	16
Analyses des réponses du questionnaire.....	18
3. Résultats.....	19
Données démographiques et géographiques.....	19
Connaissances et utilisation des outils d'IA.....	24
Formations en IA.....	28
4. Discussion.....	31
Démographie des répondants.....	31
Connaissances et implications en IA des répondants.....	32
Formation en IA.....	34
Attentes et craintes par rapport à l'IA.....	35
Limitations méthodologiques de l'étude.....	37
5. Conclusion.....	38
6. Bibliographie.....	39

Abréviations

IA : Intelligence artificielle

OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques

PACS : Picture Archiving and Communication System

DICOM : Digital Imaging and Communication in Medicine

RIS : Radiology Information System

CT : Computed Tomography

IRM : Imagerie par Résonance Magnétique

ESR : European Society of Radiology

BSR : Belgian Society of Radiology

SPF : Service Public Fédérale

1. Introduction

Historique de l'IA

L'IA est un domaine des mathématiques, de l'informatique et des sciences cognitives, qui a commencé à être exploré dès les années 1950. Les recherches menées par Alan Turing et John Von Neumann¹ vont permettre la transition du modèle décimal au modèle binaire, qui est au cœur de notre système informatique actuelle. Mais l'engouement pour l'IA retombera, en raison des technologies de l'époque qui n'étaient pas encore prêtes à utiliser un tel langage.

Au cours des années 80, la puissance de calcul va grandement augmenter grâce à l'arrivée des microprocesseurs. Cela va permettre l'émergence des systèmes experts tels que l'ordinateur « Deep Blue » de la firme américaine IBM, qui arrivera à vaincre le champion d'échec de l'époque G. Kasparov en 1997².



Figure 1 : Partie d'échecs entre G. Kasparov et Deep Blue.²

Le modèle de fonctionnement des systèmes d'IA expert, tel que Deep Blue est basé sur la programmation d'algorithmes complexes.

Ces algorithmes vont tester à chaque itération toutes les possibilités possibles ; c'est ce qu'on appelle un fonctionnement par « force brute ». Cela n'est possible qu'après avoir défini ainsi que coder l'entièreté des combinaisons d'un problème.

Cependant, ce n'est que récemment dans les années 2010, que les applications pratiques de l'IA se développent notamment avec la collecte, le traitement des « Big Data » et avec l'augmentation exponentielle de la puissance de calcul des microprocesseurs.

Le terme « Big Data »³ comprend le processus de collecte et d'analyse, de quantités massives d'informations numériques. Cela est rendu possible grâce à l'essor d'internet, des réseaux sociaux, au streaming de données et plus généralement aux technologies de stockage des serveurs et du cloud.

Grâce à ses évolutions récentes et aux recherches constantes en algorithmique, les chercheurs ont changé leur approche de résolution des problèmes complexes. Au lieu de coder et d'intégrer dans leurs algorithmes l'intégralité des règles comme dans le fonctionnement des anciens modèles experts d'IA. Les chercheurs ont commencé à créer des algorithmes qui apprennent par eux-mêmes les règles d'un problème en s'appuyant sur des modèles de corrélation et de classifications.¹

De manière extrêmement simplifiée, cette nouvelle méthode d'apprentissage se nomme le « Machine Learning ». Il va apprendre sur base d'une sélection de données, sur laquelle un expert humain a apposé une étiquette qui permet à l'algorithme de savoir ce qu'il analyse⁴. Grâce à l'analyse de ce jeu de données, l'algorithme va créer les différents paramètres qui lui permettront d'apporter une réponse aux utilisateurs. Le « Machine Learning » est composé de sous-ensemble dont un se nomme le « Deep Learning ». Le « Deep Learning » va permettre d'analyser des jeux de données qui ne sont pas labellisés, mais il nécessitera une plus grande quantité de données⁵ pour l'entraînement du modèle afin de fournir une réponse à l'utilisateur. Vu la complexité des différents modèles je ne détaillerais pas plus leurs fonctionnements.

Cette évolution du « Machine Learning » et du « Deep Learning » a permis les réalisations récentes dans le domaine de l'IA par la firme OpenIA© tel que le modèle de langage qu'est ChatGPT© pour la génération de texte, ou le modèle Dall-E© de génération d'images.

L'émergence de ces modèles d'IA accessibles au plus grand nombre de personnes, est une nouvelle évolution majeure dans l'ère numérique. Cette révolution est en train de générer de grands bouleversements dans la société et dans le monde du travail. Il est donc logique que l'Europe soit en train d'établir un processus de législation sur l'IA qui devrait être en application dans les années à venir⁶.

L'ère du numérique dans le monde de la santé

Depuis le début des années 2000, le monde de la santé se digitalise lui aussi, que cela soit via les applications de santé auprès des patients, les aides à la prise de décisions pour les médecins généralistes, le dossier patient informatisé ou encore les robots d'analyse automatisés dans les laboratoires. La figure trois met en évidence l'évolution de l'utilisation par les patients de leurs données de santé numérique via le web.

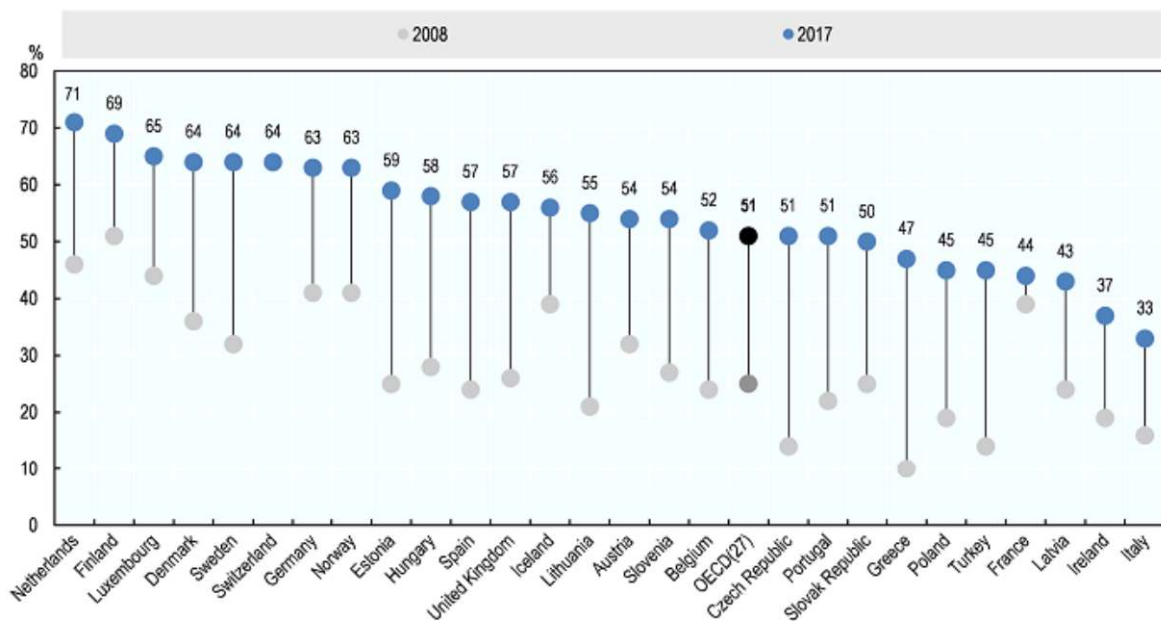


Figure 2 : Tableau représentant le pourcentage de personne consultant leurs données de santé « online », comparatif entre l'année 2008 et 2017 dans les pays occidentaux et la moyenne de l'OCDE. (OCDE) ⁷

La patientèle de Belgique consulte ses données de santé en ligne pour environ 25 % en 2008 et est passée à 52 % en 2017.

Le numérique en Imagerie médicale

L'une des plus grandes évolutions de l'imagerie médicale est le passage du format analogique que sont les films argentiques, aux images numériques⁸. Ce passage de l'analogique vers le numérique va nécessiter un changement du mode d'acquisition des images, de la distribution des images ainsi que de leur stockage.

La méthode d'acquisition par film argentique est remplacée par un détecteur à rayon X, qui sera chargé d'acquérir l'image radiologique. Les images acquises seront ensuite envoyées et stockées sur un ordinateur qui deviendra un serveur responsable de la distribution et le stockage des images radiologiques. Ce serveur va se nommer le « Picture archiving and communication system » ou PACS. Celui-ci va permettre de rendre les images numériques disponibles sur les ordinateurs des radiologues ainsi que dans l'hôpital tout entier ainsi qu'en dehors de l'organisation où est effectué l'examen. Comme le réseau de santé Bruxellois-Wallons.

Afin de garantir la sécurité des patients au niveau de l'identité-vigilance et de la bonne réalisation de leurs examens, les services d'imagerie vont se doter d'un système d'information administrative nommé le RIS qui sera connecté aux machines d'acquisition ainsi qu'au dossier patient. Ce procédé permettra d'associer correctement les images d'un examen aux informations du patient.

Viendra ensuite la standardisation du format de fichier produit par les différentes machines d'acquisition d'images, la norme « digital Imaging and communication in medicine » communément appelée DICOM verra ainsi le jour⁹, permettant une identification unique « universelle » des images produites et facilitant le transfert et l'analyse des images entre les modalités des différents constructeurs.

De manière simplifiée, les fichiers DICOM sont structurés en deux parties, un entête ou « header » qui comportera différentes données textuelles ou numériques dont la nature sera des informations administratives, techniques ou temporelles. La deuxième partie du fichier DICOM contiendra l'ensemble des valeurs de pixel de l'image du patient.

Chaque champ DICOM contiendra ainsi une information précise et unique : incluant le nom du patient, la date d'acquisition, le type d'acquisition, les caractéristiques de l'image, la dose d'irradiation délivré au patient, etc. Une liste des champs est disponible sur <https://www.dicomlibrary.com/dicom/dicom-tags/>¹⁰.

Etiquette	Description	VR	VL (Octets)	VF
0002,0000	Group Length	UL	4	204
0002,0010	Transfer Syntax UID	UI	20	1.2.840.10008.1.2.1
0002,0012	Implementation Class UID	UI	20	1.3.12.2.1107.5.8.2
0008,0020	Study Date	DA	8	20160117
0008,0030	Study Time	TM	14	092406.897000
0008,0060	Modality	CS	2	CT
0008,1010	Station Name	SH	8	somaris4
0009,0010	Private Creator	LO	14	SPI RELEASE 1
0010,0010	Patient's Name	PN	26	XXXX YYYYY
0010,0020	Patient ID	LO	6	242/07
0018,0090	Data Collection Diameter	DS	6	000500
0019,0015	Private Creator	LO	20	SIEMENS CM VA0 ACQU
0020,0010	Study ID	SH	6	000001
0028,0100	Bits Allocated	US	2	16
7FE0,0010	Pixel Data	OW	524288	0000 0034 0424 0000 004A 0000 0000 048C 043C 0548 046C 05D3 ...

Figure 3 : Présentation d'un entête DICOM, chaque ligne représente un champ DICOM.¹¹

Les techniques de rédaction des comptes rendus d'examens, vont suivre cette évolution. Les comptes rendus étaient soit écrits à la main, soit enregistrés sur cassette avant d'être dactylographiés. La reconnaissance vocale va apparaître au fur et à mesure et va faciliter la rédaction des comptes rendus d'examens de manière numérique et ainsi fluidifier l'acheminement des résultats jusqu'au prescripteur et au patient. Cette technique va amener les radiologues à créer des canevas de comptes rendus, Cette opération va permettre de retrouver la même structure dactylographique dans les comptes rendus. On appellera ces canevas des comptes rendus structurés. Cette structure rendra possible l'automatisation d'une partie de ce compte rendu et ainsi faciliter le travail des radiologues⁸.

Les différentes évolutions mentionnées plus haut amènent les services de radiologie à disposer grâce au PACS, d'une base de données conséquente qui est déjà codifiée et structurée en grande partie grâce au RIS. Les comptes rendus structurés eux vont pouvoir servir à étiqueter les données pour savoir à quoi correspondent les images¹². Cette abondance de données structurées va permettre d'entraîner une multitude de modèles d'IA qui vont chacun se spécialiser dans l'analyse de telle ou telle lésion, l'amélioration des images ou du flux de travail des radiologues.¹³

On retrouve une dans l'article de J.M. Morey et al.¹³ une classification des domaines dans lesquels l'IA va intervenir en imagerie médicale.

Une première catégorie va regrouper différents outils qui sont orientés vers la prise en charge du patient en amont de l'examen d'imagerie médicale. Ils permettront d'optimiser la demande d'examen via l'analyse du dossier médical, de planifier au mieux l'examen dans un créneau horaire adapté par la demande et ensuite adapter l'examen à réaliser selon la question clinique posée.¹³

Une deuxième catégorie va, elle, inclure les outils d'amélioration de la qualité de l'examen, que cela soit en diminuant la dose d'irradiation reçue par le patient à qualité d'image égale, en diminuant le temps de réalisation de séquences en IRM avec un résultat, là aussi avec qualité d'image équivalente.¹³ Certains outils vont aussi permettre après l'acquisition d'évaluer la qualité de l'image et ainsi pouvoir l'améliorer si cela est nécessaire.

En troisième catégorie, je regrouperais les outils avec lesquelles les radiologues travaillent directement. Ce sont les outils d'interprétation qui vont analyser les images et produire un rapport pour le médecin qui ira de la détection d'une fracture à la segmentation d'organe tel que le foie. Mais cela inclut aussi les outils qui vont afficher dans un ordre précis ou bien rechercher directement un examen comparatif lors de l'ouverture d'un examen par le radiologue.

Morey¹³ présente encore des outils intégrés dans la reconnaissance vocale, la traduction automatique, la priorisation d'un examen dans la liste de lecture du radiologue et encore bien d'autres possibilités.

Cette présentation des outils d'IA dans l'imagerie médicale montre bien l'importance que cette évolution pourra avoir dans les années à venir. Afin de conclure cette présentation je vous présente brièvement trois outils d'analyse d'image via IA.

Boneview© est un algorithme de Deep Learning qui va permettre une détection des fractures osseuses. Il est utilisé par les radiologues ainsi que les urgentistes afin d'accélérer la prise en charge des patients.

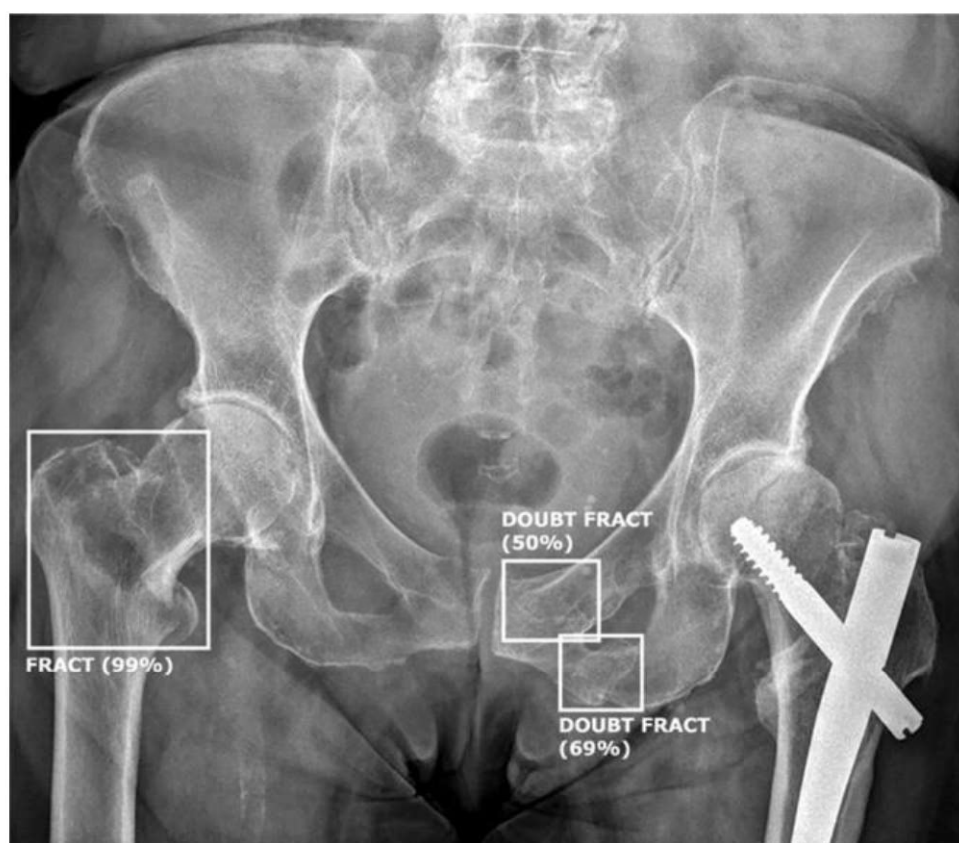


Figure 4 : Résultat d'analyse de Boneview présentant une fracture complexe du bassin et de la hanche. ¹⁴

Transpara© est aussi un algorithme de Deep Learning qui va détecter de possibles lésions au niveau des glandes mammaires des patientes.

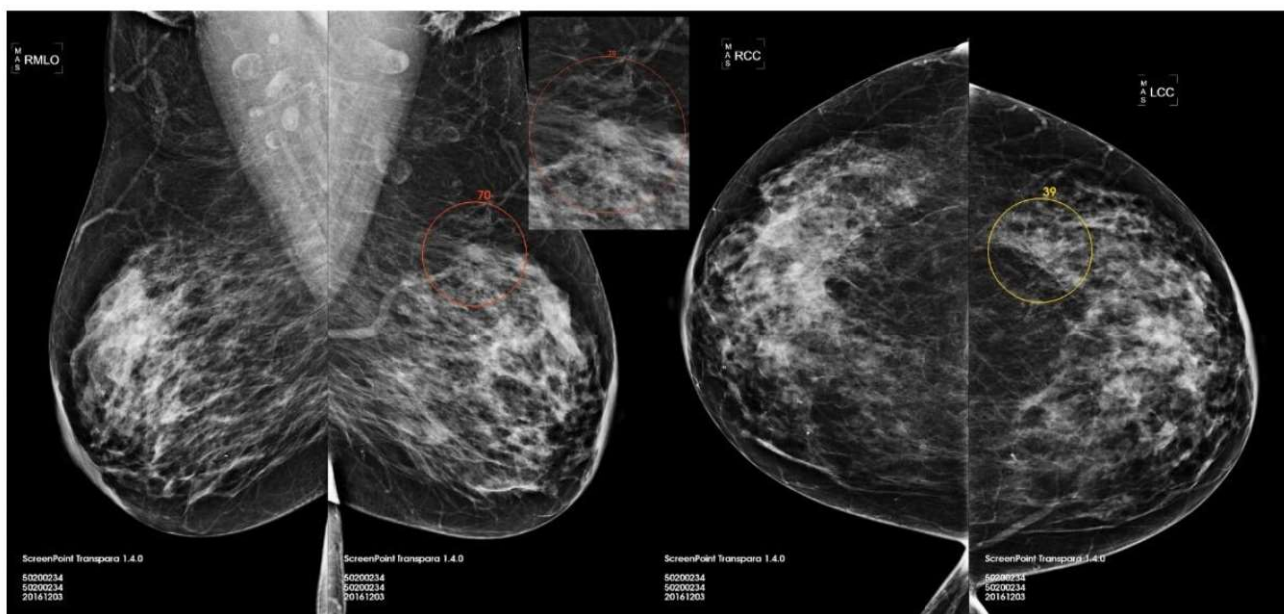


Figure 5 : Résultat d'analyse de Transpara sur la détection de lésion mammaires. ¹⁵

L'outil IA-Rad Companion© de la firme Siemens Healthineers va quant à lui faire un rapport comportant différentes séquences pour l'examen du patient. Ce rapport comportera une analyse des lésions dans le thorax et la colonne vertébrale, des reconstructions 2D et 3D et des mesures sur les lésions détectées.

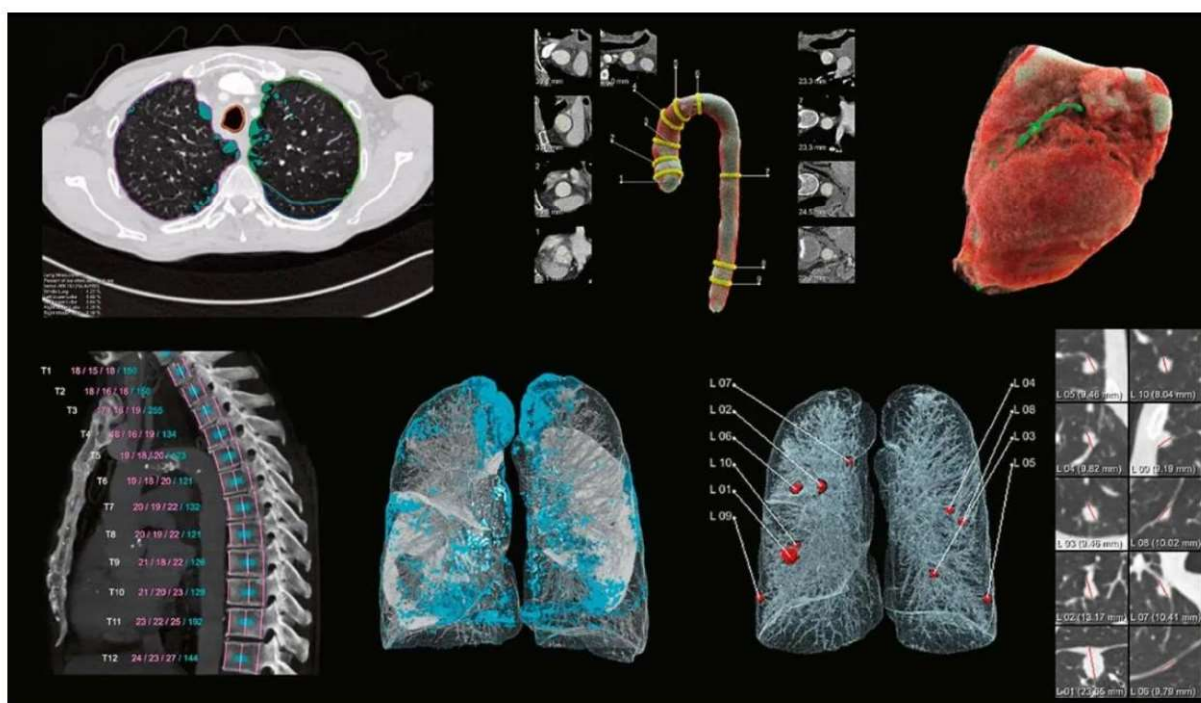


Figure 6 : Résultat d'analyse de IA-Rad Companion sur un scanner du Thorax.¹⁶

À partir de 2015¹⁷, face à la multiplication des applications offertes par l'IA, les radiologues vont être confrontés à l'idée qu'ils pourraient être remplacés par l'IA. Cependant, cette idée va se dissiper dans les années qui vont suivre¹⁸. Le monde radiologique commence à s'adapter à l'utilisation de ces nouveaux outils d'IA qui devraient occuper dans un avenir proche une place de plus en plus grande dans le « workflow » clinique.

Une autre évidence voit alors le jour ; celle que les radiologues qui n'utiliseront pas l'IA seront remplacés à terme par ceux qui l'utiliseront¹⁹.

L'IA dans le milieu des soins de santé en Belgique

Un baromètre sur l'adoption de l'intelligence Artificielle dans les hôpitaux en Belgique a été produit par le groupe AI4Belgium, ainsi que le journal « le Spécialiste »²⁰ et « EY »²¹. Le groupe AI4Belgium se définit comme « *AI 4 Belgium est une approche communautaire visant à permettre aux personnes et aux organisations belges de saisir les opportunités de l'Intelligence artificielle tout en facilitant de manière responsable la transition en cours. AI 4 Belgium a l'ambition de positionner la Belgique dans le paysage européen de l'IA.* »²². Ce groupe est composé de personnalités du monde académique et industriel et sert de soutien aux autorités belges pour la révolution de l'IA en Belgique. Le groupe de répondants au baromètre est constitué par des directeurs d'hôpitaux, des directeurs informatiques, des médecins et des professionnels des soins.

Voici un résumé de ce qu'on peut retirer de ce baromètre ²³. L'IA est considérée comme un enjeu majeur par les professionnels des hôpitaux belges. Mais ceux-ci n'ont pas l'impression que leur hôpital considère l'IA comme une priorité stratégique. Les attentes bénéfiques des répondants vis-à-vis de l'IA sont en grande partie orientées vers un gain en temps ainsi qu'en qualité pour la prise de décision, tout en diminuant le risque d'erreur.

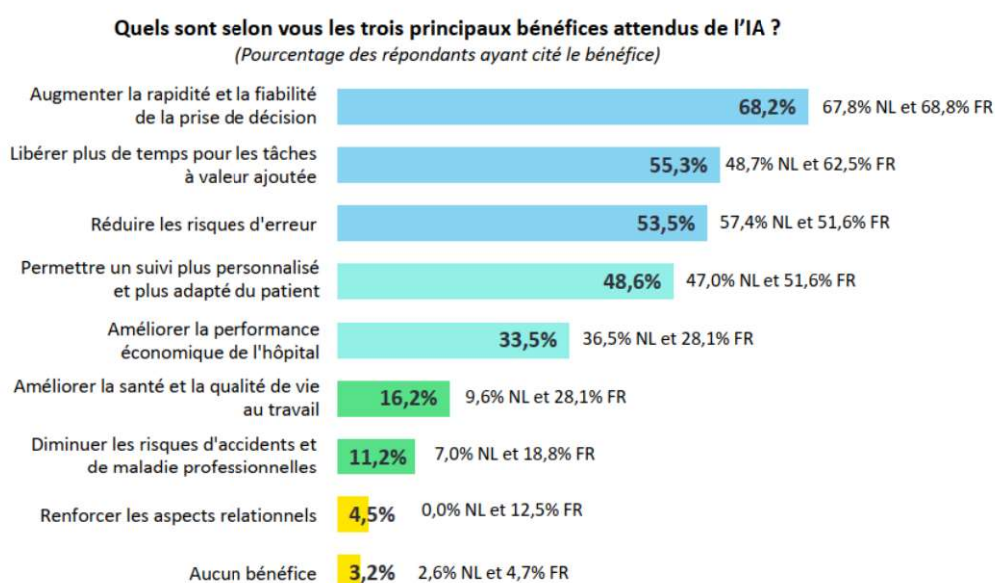


Figure 7 : Représentation du pourcentage des principaux bénéfices attendus grâce à l'IA pour les répondants au baromètre des soins de santé en Belgique.²³

On notera dans les risques majeurs de l'arrivée des outils d'IA des répondants une très forte crainte vis-à-vis de la déshumanisation du travail et de la perte de lien sociaux dans les soins.

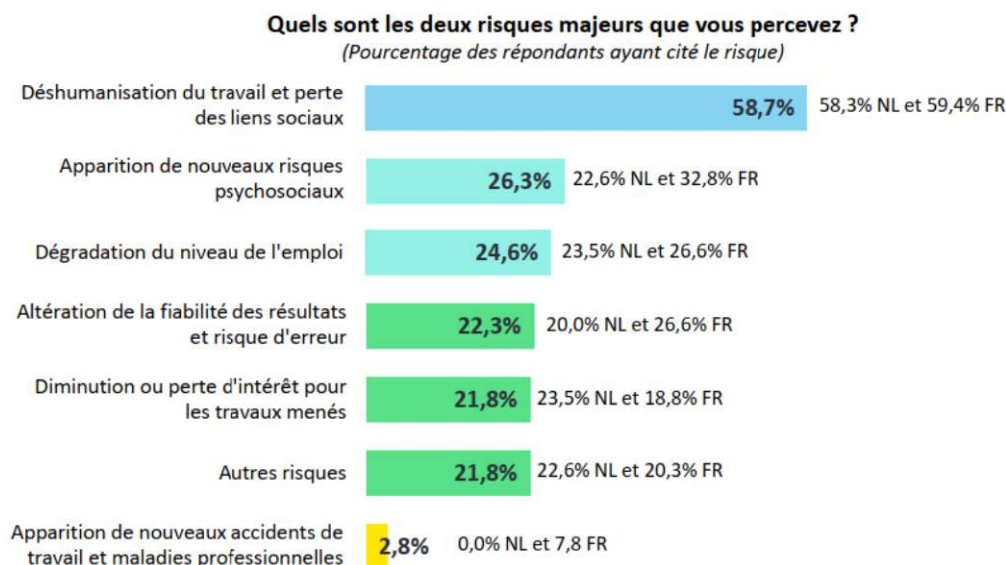


Figure 8 : Représentation du pourcentage des risques vis-à-vis des outils d'IA exprimé par les répondants au baromètre des soins de santé en Belgique.²³

Le manque de temps et de ressources financières représente un frein pour la mise en place de projet en IA, ainsi que le manque d'expertise. Les métiers de l'IA ne sont pas encore réellement présents dans les hôpitaux selon les répondants du baromètre. La complexité des enjeux, du développement et l'impact que représentent l'IA sur l'organisation du travail, sur l'activité clinique ainsi que le besoin en ressources qui ne sont pas encore présentes dans le monde de la santé, amènent les auteurs du baromètre à la conclusion, qu'il est nécessaire de mettre en place un modèle de développement pour l'IA, ainsi que de la création d'un modèle d'accompagnement dans l'utilisation de l'IA en Belgique. Cette problématique doit être amenée au niveau des instances politiques régionales et fédérales.

L'IA et les radiologues

Différentes études internationales explorent la thématique des radiologues et de l'IA^{18,24,25}. Les radiologues sont positifs par rapport à l'arrivée de l'IA dans leurs services.^{25,26} Cet engouement pour les outils d'IA est mis en parallèle avec la connaissance que les radiologues possèdent. Au plus le radiologue possède des connaissances au plus il sera positif par rapport à l'arrivée des outils d'IA¹⁸. Ce lien entre connaissance et engouement appuie l'importance de la formation auprès des radiologues dans leur cursus universitaire, ainsi que dans leur vie professionnelle¹⁸.

L'amélioration des connaissances des radiologues est soutenue par les radiologues eux-mêmes²⁴, leur permettant de dépasser leurs craintes par rapport à leur remplacement¹⁸ et la diminution de leur réputation auprès des cliniciens²⁶.

Les radiologues veulent jouer un rôle majeur dans l'implantation et la validation des outils d'IA^{25,26} en radiologie. Les radiologues espèrent une amélioration de leur quotidien professionnel grâce aux d'outils d'IA²⁶.

Les radiologues interrogés présentent donc des attentes et des craintes assez similaires entre les différents pays interrogés. Mais qu'en est-il des radiologues de Belgique ? Cette introduction nous a présenté les transformations numériques du secteur de l'imagerie médicale qui l'a amené à représenter un terrain favorable pour la création et l'implantation d'outil d'IA. Cette évolution est également soulignée par l'augmentation de l'intérêt pour l'IA dans le milieu des soins en Belgique comme l'a présenté le baromètre.

Est-ce que les radiologues de Belgique ont les mêmes attitudes et les mêmes attentes par rapport aux outils d'IA que leurs collègues internationaux ? C'est à ces questions que va tenter de répondre mon travail de mémoire.

2. Matériel et méthodes

Revue de littérature

La revue de la littérature a débuté en 2022 avec comme thématique les connaissances en IA des radiologues de Belgique. Elle a été réalisée à l'aide des moteurs de recherche PubMed, ScienceDirect, Cairn, Cochrane Library, Google Scholar et Google. Les recherches ont été menées en utilisant des combinaisons des mots-clés suivant :

« Artificial Intelligence, IA, radiology, survey, knowledge, training, medical imaging, Big Data »

En raison du nombre important de publications trouvées (± 1000), une première lecture des « abstracts » a été réalisée afin d'exercer un tri dans les articles.

Pour réaliser ce tri, j'ai ciblé des études récentes (>2017), n'ayant pas pour thématique l'analyse d'un outil d'IA en tant que tel et disposant d'un grand nombre de répondants. Je me suis aussi intéressé aux rapports d'experts, à destination des organismes décideurs et du monde de la santé.

Questionnaire

Un questionnaire électronique (annexes 1-3) a été créé à l'aide de la plateforme Microsoft Forms©. L'invitation a été envoyée par e-mail aux radiologues de Belgique. Ceci a été possible grâce à l'aide de la société belge de Radiologie (BSR), qui a géré l'envoi des invitations ainsi que l'envoi des rappels. Les participants ont été informés que le questionnaire était anonyme par l'e-mail.

Ce questionnaire a été accessible pendant le mois de juin 2023 et deux rappels ont été effectués à la deuxième semaine et la troisième semaine de la même année. Le questionnaire a été écrit en français et traduit en néerlandais ainsi qu'en anglais, afin de maximiser le taux de réponses et permettre de contacter de façon efficiente les radiologues des différentes régions du pays.

Ce questionnaire est composé d'une première partie incluant cinq questions centrées sur les données démographiques et géographiques (âge, région où les études de médecine ont eu lieu, région où la personne travaille en Belgique), les années d'expérience en radiologie, la spécialisation ou non dans un domaine de l'anatomie humaine. Les outils d'IA étant spécifiques à un domaine de l'anatomie humaine, il serait intéressant de voir s'il y a un lien entre une spécialisation et les connaissances en IA.

Les questions suivantes s'orientent vers les connaissances en IA des répondants ainsi que sur la compréhension qu'ils en ont et leur utilisation dans leur vie professionnelle.

La sixième question demande au radiologue d'évaluer ses connaissances en IA. Six propositions sont faites, les répondants pouvant cocher plusieurs propositions. La septième question interroge sur ce que « doit être » l'IA en radiologie ; là aussi plusieurs propositions sont faites et les répondants ont pu choisir deux réponses maximums.

La huitième question interroge sur l'utilisation des outils d'IA ou non par les radiologues dans leur vie professionnelle. La neuvième question demande d'évaluer la prise en mains de ces outils en les comparant à leurs outils actuels, via une échelle de difficulté à quatre niveaux.

Les questions suivantes se focalisent sur les formations des radiologues en IA en lien avec leur cursus et les séminaires qu'ils ont suivis durant l'année 2023. La dixième question interroge les radiologues sur la possibilité ou non d'avoir suivi une formation en IA lors de leur cursus universitaire ou lors de leur stage, ainsi que le format de la formation.

La onzième question s'interroge sur ce que les répondants ont retenu des formations qu'ils ont suivies avec cinq propositions et un choix possible. La question douze demande au répondant le nombre de séminaires auxquels les répondants ont participé et combien portaient sur l'IA. En treizième question nous nous sommes penchés sur le moment idéal pour mettre une formation en IA chez les radiologues. Cette question est constituée de cinq propositions et une réponse possible. La question suivante demande auprès des radiologues quelle serait la meilleure approche pour la formation en IA avec cinq propositions et une réponse possible.

La dernière question est une question ouverte afin d'obtenir l'avis personnel des radiologues sur ce qu'est l'IA en radiologie.

Analyses des réponses du questionnaire

Les résultats ont été récupérés via l'interface d'exportation de Microsoft Forms, au format Excel dans les différentes langues.

Un premier formatage des données est réalisé, en reportant les réponses exprimées en anglais et en néerlandais sur un document unique rédigé en français. La question ouverte est restée dans la langue d'origine du répondant.

Les réponses apportées à chaque question sont ensuite mises sous forme de tables au moyen du logiciel SPSS en vue de l'analyse statistique (cf. le codebook en annexe).

Les différentes spécialisations dans la sous-question trois ont été réunies, afin de ne pas tenir compte des différentes orthographes utilisées par les répondants. Les questions six et sept ont nécessité un retraitement plus approfondi afin de gérer les réponses multiples, qui étaient autorisées. Elles ont pour se faire nécessité d'être recodées en un tableau, où les colonnes correspondent aux réponses faites par les répondants. Les colonnes étant ensuite remplies par une variable dichotomique, en l'occurrence oui et non.

Les données produites par le questionnaire sont majoritairement de type qualitatif nominal et ordinal. Une analyse des fréquences avec présentation sous forme de tableau, sous forme d'histogramme et sous forme de graphique circulaire est donc réalisée. Les données sont présentées dans les tableaux et graphiques en valeur absolue ainsi qu'en pourcentage.

Pour la question quinze, une traduction via l'outil deepl.com a été effectuée en premier lieu, comme pour les autres questions. Quatre groupes sont élaborés par cette méthode afin de regrouper le sentiment qui ressort de la réponse du radiologue. Les différentes réponses sont présentes dans l'annexe 4 et sont regroupées via une mise en forme Excel.

- Un groupe mitigé aux outils d'IA en caractère rouge.
- Un groupe négatif aux outils d'IA en fond rouge et caractère rouge.
- Un groupe neutre aux outils d'IA en fond jaune et caractère jaune.
- Un groupe positif aux outils d'IA en fond vert et caractère vert.

3. Résultats

Données démographiques et géographiques

Il y a eu au total 76 répondants au questionnaire sur 767 membres de la BSR en 2023, pour un total de 2085 radiologues en Belgique ²⁷, via le site du SPF santé publique. Cela représente un taux de réponse au questionnaire de 10 % par rapport au nombre de radiologues membre de la BSR. Au niveau de la répartition linguistique, il y a 29 répondants via le questionnaire en français, 32 via le questionnaire en néerlandais et 15 via le questionnaire anglais. Dans les données de la BSR la répartition linguistique est de 510 radiologues néerlandophones et de 257 radiologues francophones.

Les valeurs des différentes tranches d'âges sont représentées dans le tableau des fréquences ci-dessous. Les classes d'âge sont réparties par palier de 9 ans à l'exception de la première et la dernière classe.

**Tableau 1 : Fréquence des classes d'âge
des radiologues (n = 76)**

	Fréquence	Pourcentage
< 30 ans	5	6,6
30 - 39 ans	20	26,3
40 - 49 ans	22	28,9
50 - 59 ans	16	21,1
60 ans et +	13	17,1
Total	76	100,0

Les radiologues répondant disposent pour la plupart d'une expérience supérieure à 10 ans ($n = 57/75 = 75\%$).

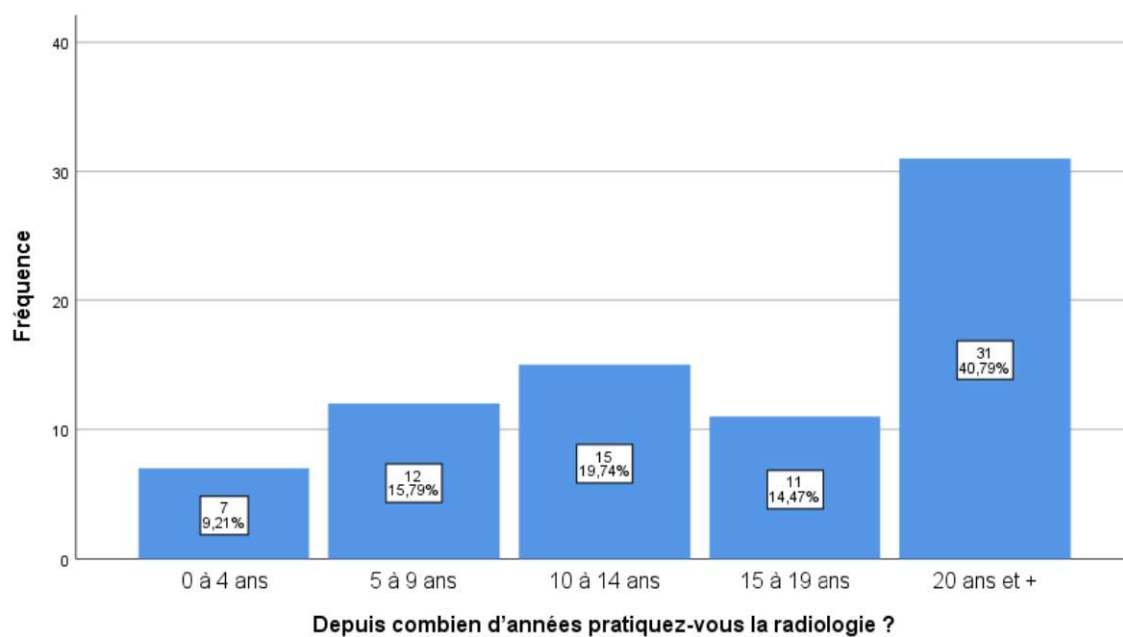


Figure 9 : Histogramme des fréquences de l'expérience des radiologues en valeur absolue et pourcentage.

La plupart des radiologues répondant sont des radiologues spécialisés, ils représentent 80 % des répondants soit 61 sur les 76 radiologues. Le type de spécialisation radiologique est présenté dans le graphique suivant, deux spécialisations sont majoritaires avec chacune 13 représentants.

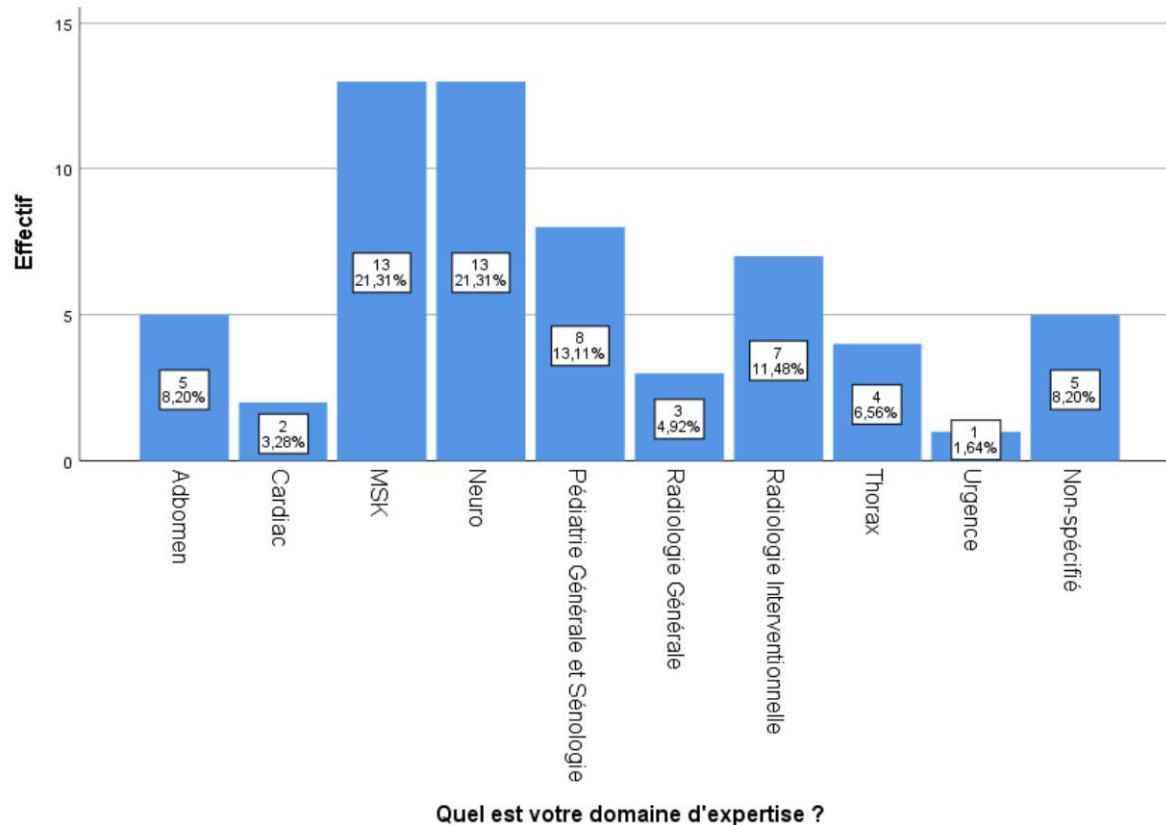


Figure 10 : Histogramme des fréquences du type de spécialisation des radiologues en valeur absolue et pourcentage.

Les répondants ont réalisé leurs études pour la plupart en région Flamande (n = 41) ou en région Bruxelloise (n = 26).

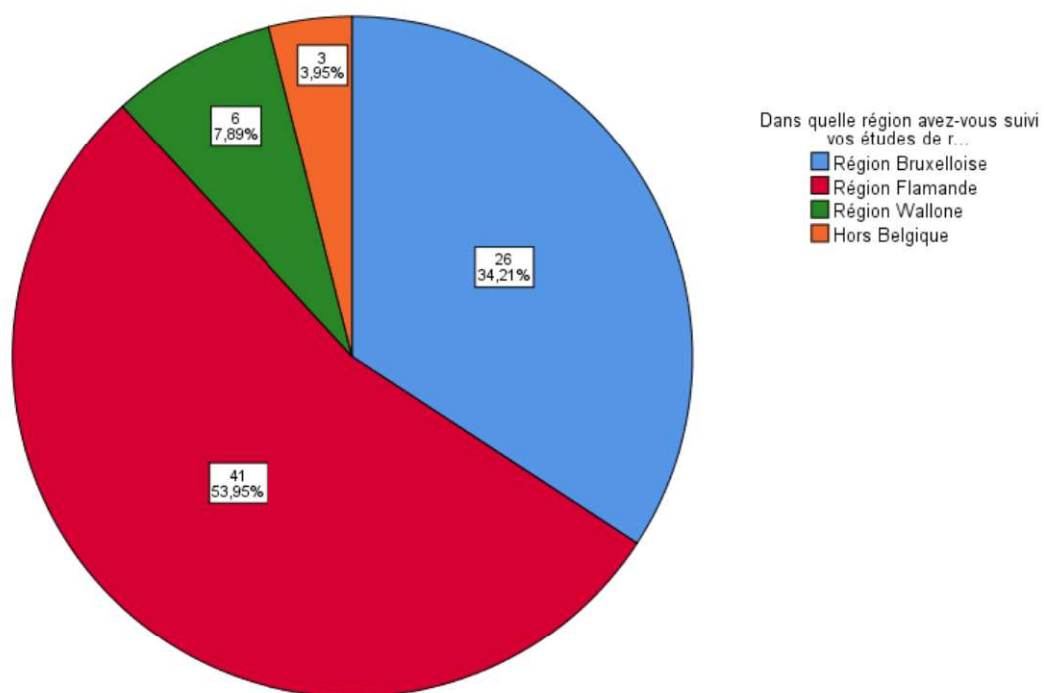


Figure 11 : Diagramme circulaire des fréquences du lieu de formation des radiologues en valeur absolue et pourcentage.

Pour la répartition des répondants par lieux de travail, on note une nette diminution de la fréquence pour la région Bruxelloise qui n'est plus représentée que par n = 10.

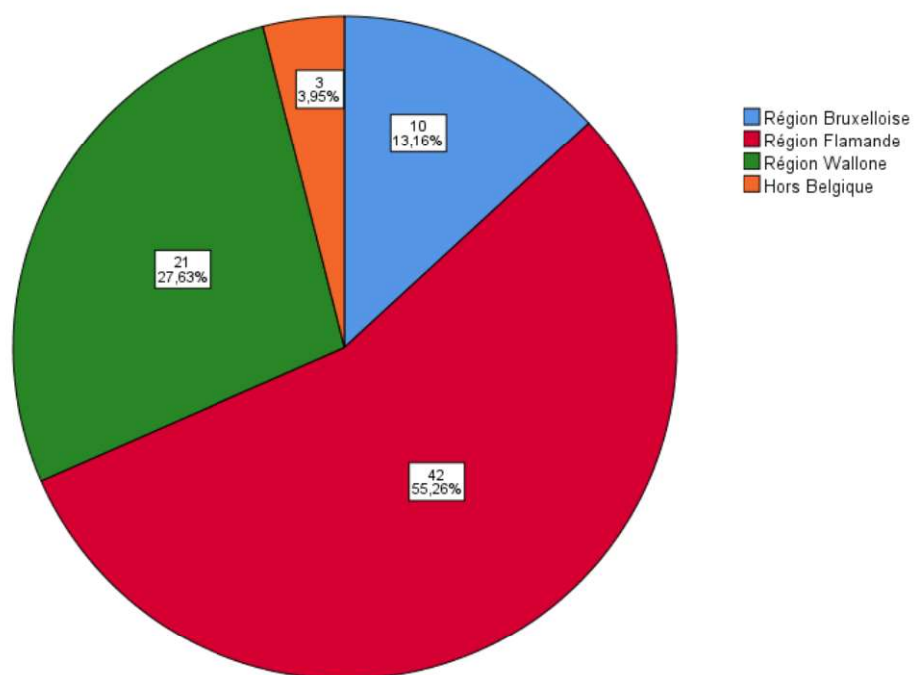


Figure 12 : Diagramme circulaire des fréquences du lieu de travail des radiologues en valeur absolue et pourcentage.

Connaissances et utilisation des outils d'IA

Les participants ont des connaissances assez élevées en IA comme présenté dans le tableau 5, ils ne sont que 7 à répondre qu'ils n'ont aucune connaissance en IA. Il y a 45 répondants (48 %) qui utilisent une solution d'IA dans leurs activités professionnelles. On peut aussi noter que 24 répondants ont connaissance des prérequis à la mise en place d'un projet d'IA ; parmi ceux-ci, 10 participent activement à un projet d'IA.

Tableau 2 : Fréquence de la connaissance en IA.

		Réponses		Pourcentage d'observations
		n	Pourcentage	
Comment évaluez-vous vos connaissances en IA	Aucune	7	7,5 %	9,2 %
	Je connais les prérequis méthodologiques pour initier un projet en IA	14	15,1 %	18,4 %
	Je participe activement à un projet en IA	10	10,8 %	13,2 %
	J'ai lu quelques articles ou assisté à quelques séminaires	17	18,3 %	22,4 %
	J'utilise des solutions en IA et j'ai évalué leur performance et limites	28	30,1 %	36,8 %
	J'utilise des solutions en IA mais je n'en connais pas le principe	17	18,3 %	22,4 %
	Total	93	100,0 %	122,4 %

a. Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1.

Une bonne partie des radiologues répondants, utilisent un outil d'IA dans leur quotidien, ils représentent 71 % (n = 54) des répondants. Il y en a 20 qui n'en utilisent pas et 2 qui ne savent pas s'ils en utilisent un.

Pour la plupart des radiologues qui utilisent un outil d'IA, la simplicité d'utilisation de cet outil d'IA est équivalente à leurs outils diagnostiques actuels soit 64 %. Pour 26 % des répondants les outils d'IA sont même plus simples à utiliser que leurs outils diagnostiques actuels. Les 10 % restant estiment que les outils d'IA sont plus complexes à utiliser que leurs outils diagnostiques actuels.

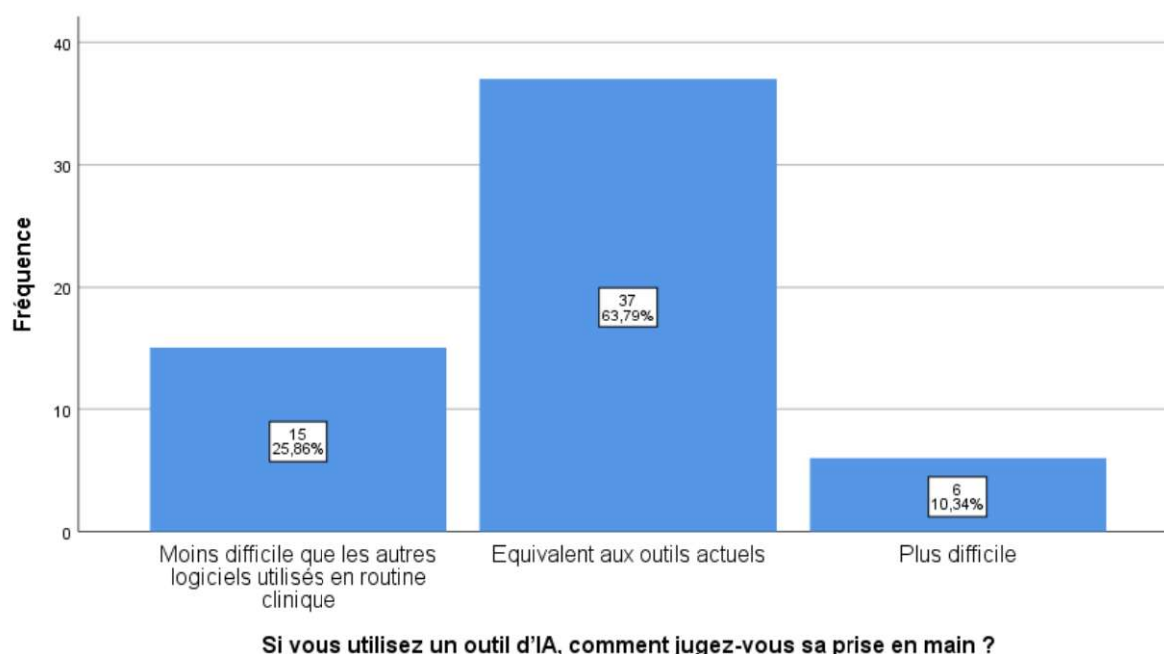


Figure 13 : Histogramme des fréquences du niveau de prise en main d'un outil d'IA, auprès des radiologues utilisant des outils d'IA au quotidien, en valeur absolue et pourcentage.

La plupart des répondants n'ont pas suivi de formation lors de leur cursus universitaire, ils représentent 82 % de la population de radiologues étudiée.

Tableau 3 : Fréquence du suivi de formation lors du cursus universitaire.

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Pas de formation	62	81,6	81,6	81,6
	Formation sans spécification si théorique ou pratique	2	2,6	2,6	84,2
	Formation théorique	8	10,5	10,5	94,7
	Formation pratique sur un outil en particulier	4	5,3	5,3	100,0
	Total	76	100,0	100,0	

Pour les 14 radiologues ayant suivi une formation lors de leur cursus universitaire, 6 ont retenu des informations précises sur le domaine de l'IA dans le travail. Quatre radiologues n'ont retenu que des informations de culture générale. Mais un radiologue en a tiré des connaissances qui l'ont aidé à réorienter ses travaux vers l'IA.

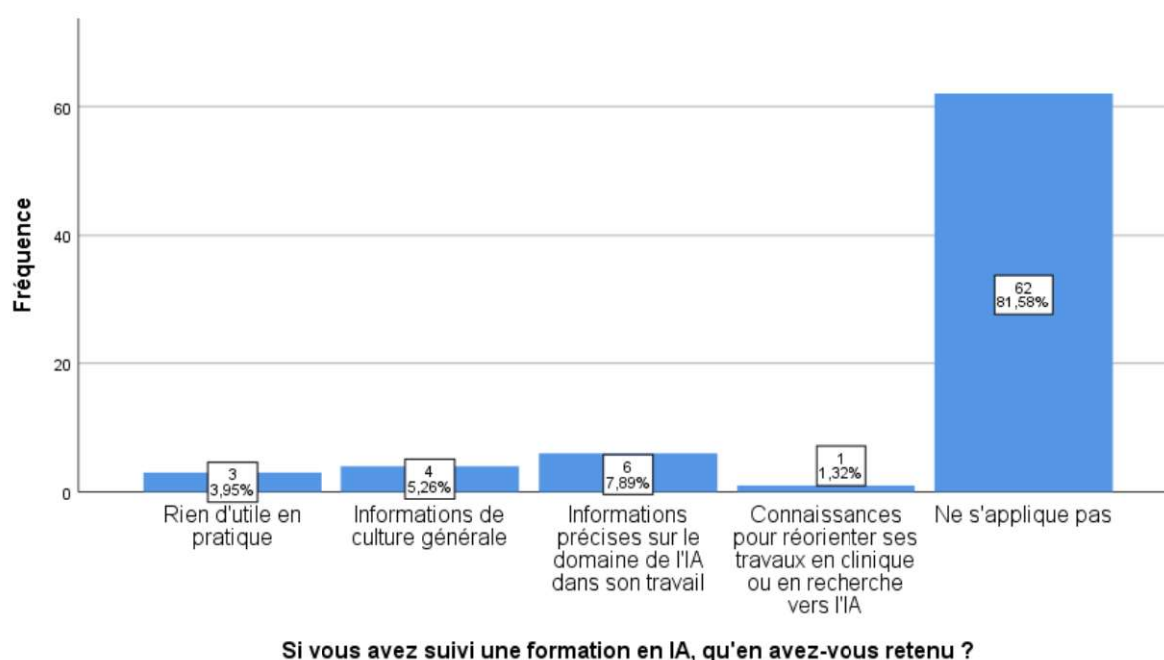


Figure 14 : Histogramme des fréquences de ce que les radiologues ont retenu des formations en IA qu'ils ont suivies, en valeur absolue et pourcentage.

Les radiologues répondant pensent pour la plupart, que l'IA doit avant tout les aider à faire de meilleurs comptes rendus et plus rapidement, comme le présente le tableau 7. L'attente principale des radiologues vis-à-vis de l'IA est de diminuer les erreurs de détection ; ils sont 52/76 (68 %) à avoir notifié cette attente. La seconde attente la plus représentée par 33 radiologues est de diminuer le temps d'interprétation d'un examen. Vient ensuite l'attente de produire une aide à la décision intégrant toutes les données du patient pour 21 répondants.

Tableau 4 : Fréquence de ce que devrait permettre l'IA en radiologie.

	Réponses		Pourcentage d'observations	
	n	Pourcentage		
Selon vous, avant tout autre chose, que devrait permettre l'IA en radiologie ? ^a	Produire une aide à la décision, intégrant « toutes » les données du patient	21	13,5 %	27,6 %
	Diminuer le temps d'acquisition d'un examen	10	6,4 %	13,2 %
	Diminuer le temps d'interprétation d'un examen	33	21,2 %	43,4 %
	Diminuer les erreurs de détection	52	33,3 %	68,4 %
	Diminuer les erreurs d'interprétation	14	9,0 %	18,4 %
	Améliorer la qualité des images	16	10,3 %	21,1 %
	Produire de nouveaux biomarqueurs en imagerie	10	6,4 %	13,2 %
	Total	156	100,0 %	205,3 %

a. Groupe de dichotomies mis en tableau à la valeur 1.

Formations en IA

La plupart des radiologues répondants ont suivi des conférences/séminaires ou webinaires lors du premier semestre de l'année 2023. On peut estimer la moyenne à 6.79 et la médiane à 5, séminaires suivis par les 76 radiologues. La distribution ne suit en revanche pas une loi normale, car il y a une forte asymétrie de l'histogramme vers la droite due à certains « outliers » (tel que 33 séminaires ou 40 séminaires). Cela engendre un QQ-plot ne suivant pas une diagonale et une forte asymétrie du box-plot. L'analyse du nombre de séminaires suivi par les répondants ayant pour thème l'IA suit la même distribution que le nombre de séminaires. La distribution ne suit pas une loi normale étant donné une asymétrie vers la droite, un QQ-plot ne suivant pas une diagonale et un box-plot asymétrique. Le nombre moyen de formations ayant pour thème l'IA est estimé à 1,12 et la médiane à 0,5.

Pour la question portant sur le meilleur moment à laquelle placer la formation en IA, le graphique ci-dessous vous présente que seulement 2 radiologues spécifient le besoin d'avoir une année supplémentaire dédiée à l'IA. Il y a 47 radiologues qui pensent que cela doit se trouver dans le cursus de spécialisation (38 % en début et 24 % à la fin). Pour la réponse qui demande le meilleur moment pour introduire la formation en IA, 21 radiologues ont répondu favorablement à l'introduction de cette matière dans le tronc commun de formation en médecine et 6 radiologues estiment ne pas savoir ou placer au mieux cette formation.

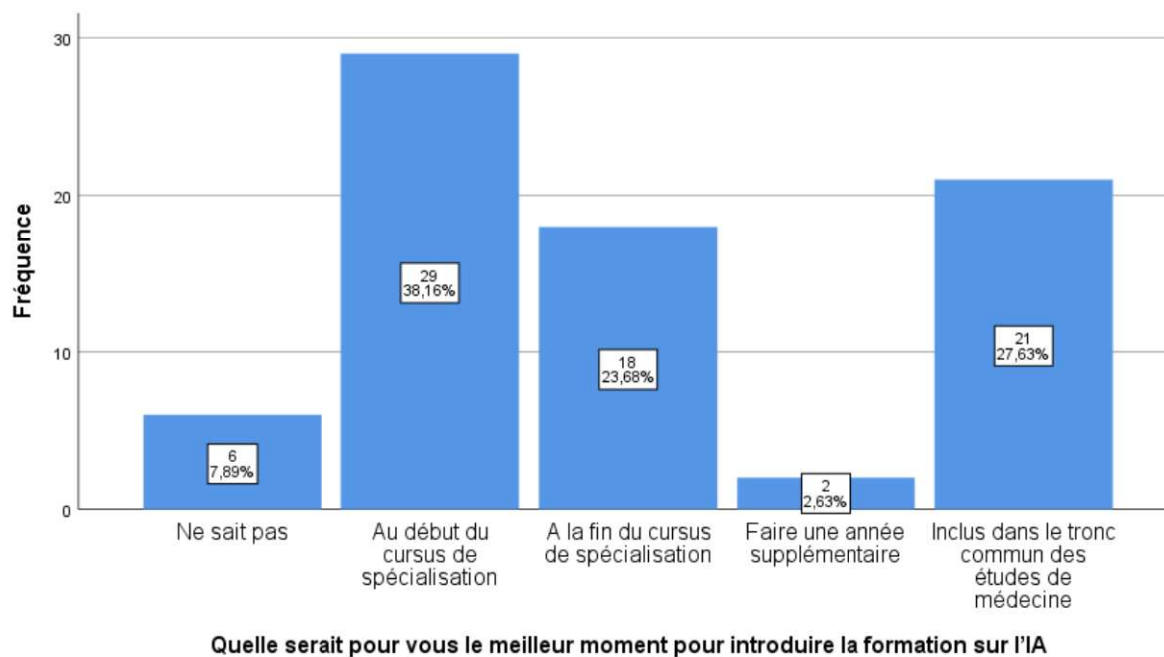


Figure 15 : Histogramme des fréquences du meilleur moment pour introduire la formation sur l'IA, en valeur absolue et pourcentage.

Le tableau 8 présente le meilleur format pour se familiariser avec l'IA. Nous observons que 36 radiologues estiment que la meilleure approche pour la formation en IA est une formation théorique et pratique dans l'environnement de travail. Ils sont 27 à ne pas estimer qu'être dans l'environnement de travail est une nécessité, et 12 radiologues pensent que l'environnement de travail est quand même nécessaire mais en ayant une approche uniquement pratique. Un radiologue a répondu que la meilleure approche serait une formation pratique sur simulateur.

Tableau 5 : Fréquence de la meilleure approche pour la formation en IA

		Fréquence	Pourcentage	Pourcentage valide	Pourcentage cumulé
Valide	Formation théorique et pratique	27	35,5	35,5	35,5
	Formation théorique et pratique dans l'environnement de travail	36	47,4	47,4	82,9
	Formation purement pratique sur simulateur	1	1,3	1,3	84,2
	Formation purement pratique dans l'environnement de travail	12	15,8	15,8	100,0
Total		76	100,0	100,0	

La dernière question de l'enquête se présente sous forme de format à réponse ouverte et courte. 27 radiologues n'ont pas répondu à cette question, ce qui nous laisse un échantillon de 50 radiologues.

Trente-cinq répondants ont un avis positif vis-à-vis de l'IA et voient dans celle-ci, le futur de la radiologie. Neuf radiologues sont d'un avis neutre vis-à-vis des outils d'IA, ils les considèrent comme un nouvel outil dans leur quotidien sans pour autant être optimiste ou négatif. Cependant 3 radiologues eux sont très craintifs et même négatifs vis-à-vis des outils d'IA. Enfin trois radiologues eux sont plutôt mitigés dans leurs sentiments, ils sont optimistes mais aussi craintif en même temps.

Voici quelques réponses sélectionnées comme étant les plus représentatives. La totalité des réponses est disponible en annexe 4.

Réponses positives :

- *« J'utilise l'IA dans ma pratique quotidienne de la mammographie. Je pense que c'est une grande valeur ajoutée, et je considérerai également chaque patient atteint d'IA comme un deuxième lecteur. Je ne voudrais plus travailler sans l'IA pour la mammographie. Je ne pense certainement pas que ce soit suffisamment fiable pour s'appuyer uniquement sur l'IA. Je ne pense donc pas que l'IA soit encore prête pour le dépistage généralisé en mammographie. Je pense aussi qu'il interprète mal beaucoup de choses. Je trouve cela très utile en tant que deuxième lecteur pour être sûr de ne rien manquer. »*
- *« Un 'œil' supplémentaire qui est moins bon que moi, mais qui ne se fatigue jamais »*
- *« Une détection plus rapide et meilleure de la pathologie après le premier regard du radiologue ! Plutôt une double vérification. »*

Réponses neutres :

- *« Un outil »*
- *« Une aide sans plus »*
- *« Un nouvel outil »*

Réponses négatives :

- *« Beaucoup de craintes pour la société en général. »*
- *« Pour l'instant : cher, chronophage, pas d'applications pertinentes »*

Réponses mitigées :

- *« Une opportunité, mais peut-être aussi un danger (pour la sécurité de l'emploi et pour restreindre le droit de décision du radiologue). »*
- *« "Première perte de temps pour implémenter de nouveaux logiciels Après, gain de temps et diagnostic incluant toutes les données du patient (y compris l'ADN un jour) Finalement moins de radiologues..." »*

4. Discussion

Démographie des répondants

La tranche d'âge médian (40-49 ans) des répondants de cette étude est proche de celle présentée dans les articles avec les âges médians suivants : 38 ans ^{18,24}, de 36-65 ans ²⁶ et une classe médiane comportant l'âge entre 40 et 59 pour l'article de l'ESR²⁵.

La majorité des répondants des différentes études se situent au milieu de leur carrière de radiologue. Mon étude met en évidence que la plupart des radiologues répondants disposent déjà d'une certaine expérience en radiologie. Même si cette information n'est pas directement indiquée dans les différentes études mentionnées, les radiologues possèdent autant d'expérience professionnelle en radiologie, en se basant sur l'âge médian des radiologues répondant des trois études, ou ils en possèdent plus que ceux de mon étude.

Au niveau de la représentation des spécialités des radiologues, mon étude présente une majorité de radiologues spécialisés en MSK (21 %), Neuro (21 %). La spécialisation abdominale, quant à elle, n'est représentée qu'à 8 %, alors qu'elle est majoritaire à 32 % dans l'étude mondiale ^{18,24}, ainsi que dans l'étude de l'ESR avec 29 % ²⁵.

La représentation géographique des radiologues par région de mon étude est similaire à la répartition par région des radiologues via les données officielles du SPF²⁷.

L'étude italienne²⁶ dispose d'une distribution régionale qui correspond elle aussi au nombre d'inscrits à la société de radiologie Italienne par région.

Connaissances et implications en IA des répondants

Mon étude met en évidence une connaissance assez élevée pour les radiologues de Belgique en IA. On observe que 48 % des radiologues utilisent un outil d'IA et que ces chiffres montent à 75 % en incluant les radiologues qui sont actifs dans des projets d'IA ou qui disposent des connaissances nécessaires pour créer un projet autour de l'IA.

Tableau 6 : *Self-assessed knowledge, fear and attitude (n = 1,041)*¹⁸ + Tableau 5

AI-specific knowledge	0 Never heard of AI	47 (4 %)	0 Aucune connaissance	7 (7.5 %)
	1 Heard of AI	221 (21 %)	1 J'ai lu quelques articles ou assisté à quelques séminaires	17 (18.3 %)
	2 Basic knowledge	307 (30 %)	2 J'utilise des solutions en IA mais je n'en connais pas le principe	17 (18.3 %)
	3 Intermediate knowledge	296 (28 %)	3 J'utilise des solutions en IA et j'ai évalué leur performance et limites	28 (30.1 %)
	4 Advanced knowledge	111 (11 %)	4 Je connais les prérequis méthodologiques pour initier un projet en IA	14 (15.1 %)
	5 Active Research/development	57 (6 %)	5 Je participe activement à un projet en IA	10 (10.8 %)

Comme présenté dans le tableau 9, les connaissances en IA sont assez similaires entre les différentes études et la mienne. On notera quand même une différence du nombre de radiologues ne disposant que de connaissances basiques sur les outils d'IA¹⁸. La population de l'étude¹⁸ dispose pour la moitié des connaissances en informatique et statistique (48 %). 38 % des répondants craignent le remplacement du métier de radiologue par l'IA. Au niveau des connaissances en IA, 21 % de la population étudiée a juste entendu parler de l'IA ; la majeure partie des répondants disposent de connaissances basiques ou intermédiaires (58 %), et une minorité possède des connaissances avancées ou participe dans un projet de recherche. On retrouve dans les résultats de la première partie¹⁸, la même volonté que dans l'étude de l'ESR²⁵ pour les répondants de prendre une part majeure dans le développement des outils d'IA avec 79 % de réponses positives.

Une donnée intéressante à ajouter est que dans l'étude de l'ESR ²⁵ on peut retrouver une plus grande part de radiologues (135/675 (20 %)) qui participe directement au développement en IA ainsi qu'au test des outils d'IA. Même si la grande majorité des radiologues estiment qu'ils doivent jouer un rôle majeur dans le développement et la validation des outils d'IA ^{18,25}, ils ne sont encore qu'une poignée à avoir les connaissances pour pouvoir jouer ce rôle.

Par rapport à mon étude, les radiologues de Belgique semblent plus impliqués dans la mise en place et la participation dans des projets impliquant l'IA.

Les réponses du questionnaire mettent en avant que 66 % des répondants considèrent l'IA comme une aide quotidienne pour le diagnostic et qu'elle apporte un enrichissement des comptes rendus d'examens avec des données quantitatives. Les radiologues perçoivent à 73 % que l'usage de l'IA peut aider à diminuer les erreurs diagnostiques dans les examens, versus une non-utilisation des outils d'IA. Ces chiffres sont suivis de près par l'optimisation du travail du radiologue à 68 %.²⁶

Grâce à la question précédente on se rend compte qu'il y a déjà beaucoup de radiologues qui utilisent des outils d'IA dans leur quotidien. Dans mon étude ils sont 71 % alors que de l'étude de l'ESR il n'y a que 20 %²⁵ des répondants qui utilisent un outil d'IA dans leur pratique quotidienne. Cette augmentation pourrait s'expliquer par la période de quatre années qui séparent les deux études. Cette explication est soutenue par les répondants de l'étude internationale ²⁴ qui donne une échéance temporelle de l'impact de l'IA sur le travail quotidien des radiologues Cet avis est aussi souligné dans l'étude italienne avec 69 % de répondants qui estime aussi que l'IA aura un impact significatif dans les 3 à 10 ans²⁶.

Formation en IA

Les radiologues qui utilisent justement un outil d'IA dans mon étude estiment que l'utilisation des outils d'IA est équivalente à leurs outils actuels (64 %) voir plus simples (26 %). Cette utilisation permet d'introduire les questions suivantes, ayant pour thème la formation en IA des répondants.

Dans mon étude on note que la majorité des répondants n'ont pas suivi de formation lors de leur cursus universitaire en IA (81.6 %), mais que cela ne semble pas être une limite pour utiliser des outils IA. Cette information n'apparaît pas dans les différents articles retenus par la revue de littérature.

On note en revanche l'augmentation d'intérêt par rapport à l'introduction de la formation en IA pour les radiologues dans leur cursus de médecine. Lors de l'étude internationale²⁴, plus de 79 % des répondants ont validé le besoin d'introduire la formation en IA lors du cursus de spécialisation des radiologues.²⁴ Cette importance est soulignée dans mon étude qui pose la question du moment idéal pour introduire cette formation en IA dans le cursus. On note que 64.47 % estiment que la formation en IA doit avoir lieu lors de la spécialisation en radiologie, avec une préférence pour le début du cursus pour 38 %. Il y a par ailleurs deux répondants qui estiment qu'il faudrait une année supplémentaire pour la formation en outils d'IA. Les autres répondants à l'exception de 6, estiment que cette formation devrait avoir lieu lors du tronc commun de médecine : ils représentent 28 %. On note cette information qui est parue dans la presse il y a maintenant deux ans, « *L'UMONS lance une Chaire en Intelligence Artificielle et Médecine digitale en partenariat avec le groupe de presse médicale RMN* »²⁸. Ceci souligne l'importance de la mise en place d'une formation structurée pour l'IA dans le cursus médical et plus spécialement en radiologie.

Malgré cet intérêt pour la mise en place d'une formation structurée lors du cursus de spécialisation, la plupart des répondants n'ont pas reçu de formation en IA au cours de cette période. Les radiologues actifs dans leur vie professionnelle sont pour la plupart intéressés par la formation en IA ; on note même que 75 % des répondants de l'étude internationale projettent de se former dans cette discipline²⁴. Ces mêmes répondants montrent une nette préférence pour les conférences ou les cours de spécialisation (74 %), la lecture de littérature scientifique (60 %) ainsi que les articles en ligne (48 %) et les formations en e-learning (43 %).²⁴

Mon étude met en évidence un besoin des radiologues d'avoir une mise en pratique assez nette, mesurée à 83 % des répondants, avec même 47.4 % de radiologues désirant avoir cette formation dans leur environnement de travail. Nous sommes assez éloignés de l'approche par la « lecture de littérature scientifique » et « lecture d'article en ligne » qui est présentée dans l'article international. Comme dit plus haut, l'étude²⁴ s'intéresse aussi à la place de la formation en IA pour les radiologues. Les répondants sont majoritairement (79 %) d'accord avec le fait d'introduire la formation en IA dans le programme des futurs radiologues. L'étude présente aussi l'envie de formation en IA par les répondants : 75 % ont répondu « oui » et montré la volonté de s'autoformer via différents médias. (Conférence, littérature scientifique, article « online », ...).

Attentes et craintes par rapport à l'IA

Dans mon étude, j'ai posé la question de ce que devraient permettre les outils d'IA en radiologie pour les radiologues. La proposition la plus représentée dans mes résultats est la diminution des erreurs de détection à 68 %. Cette volonté est corroborée dans l'étude internationale avec 78 %²⁴ de répondants qui désire une aide de l'IA pour la réalisation d'une deuxième lecture des images et du compte rendu.

L'étude Italienne va dans la même direction que les résultats de mon étude et amène comme première réponse une diminution des erreurs de diagnostic avec plus de 720 répondants pour cette préférence²⁶. La première proposition pour l'étude de l'ESR préfère une détection des lésions asymptomatiques chez le patient avec plus de 60.1 % de préférence.²⁵ La deuxième préférence dans mon étude est la diminution du temps pour l'interprétation des examens à 43.4 %. Cette préférence est aussi présente dans l'étude internationale avec plus de 77 %²⁴ de préférence pour une optimisation du « workflow » des répondants. Dans l'étude de l'ESR elle est présente à 28 %²⁵ en ce qui concerne l'aide au rapport structuré. L'étude Italienne comme pour la première préférence suit les résultats de mon étude ainsi que de l'étude internationale avec 700 répondants pour l'optimisation du travail du radiologue.²⁶

Les radiologues en général, espèrent, que les outils d'IA leur apportent une aide au diagnostic mais aussi une aide à la correction et à la rédaction de leurs résultats en optimisant leur travail. Mon étude ainsi que les trois études²⁴⁻²⁶ à grande échelle présentées dans ce texte se rejoignent sur les espoirs des radiologues. Un point intéressant à souligner est que ces outils devraient aussi permettre de diminuer le temps nécessaire au radiologue pour optimiser leur travail, ce qui devrait permettre d'augmenter leur temps clinique comme présenté dans l'étude de l'ESR.²⁵

Ceci est illustré par les réponses libres présentées dans les résultats :

*« Un 'œil' supplémentaire qui est moins bon que moi, mais qui ne se fatigue jamais »
« Une détection plus rapide et meilleure de la pathologie après le premier regard du radiologue ! Plutôt une double vérification. »*

La deuxième partie de l'étude internationale²⁴ montre que la majorité des répondants pensent que l'IA va permettre d'améliorer le diagnostic des radiologues (89 %), mais que l'IA va aussi altérer le métier des radiologues (85 %). Les répondants ont comme attente majeure d'utiliser l'IA comme deuxième lecteur après le diagnostic du radiologue (78 %). L'autre réponse qui est fortement représentée dans les attentes des répondants par rapport à l'IA est l'optimisation des workflows (77 %). Par rapport à la mise en place de solution d'IA, la problématique qui ressort est la disposition des ressources en personnel formé et compétent (56 %), mais aussi le coût financier, que ce soit le coût de développement (38 %) ou bien le coût d'achat de la solution (38 %).

Il est à noter que la crainte des radiologues en utilisant l'IA serait une diminution de leur réputation vis-à-vis des non-radiologues à 60 %²⁶. Dans l'étude italienne²⁶, il est rapporté qu'il y a encore une persistance de 19 %²⁶ de radiologues qui ont peur du remplacement par l'IA. Ceci est malgré tout inférieur à ce qui est rapporté dans l'étude internationale dans laquelle le taux représente 38 %²⁴ des répondants. Malgré tout, 77 %²⁶ des répondants sont favorables à une utilisation de l'IA dans leur pratique quotidienne. Cet engouement ressort aussi dans la question ouverte de mon étude, où 70 % des répondants présentent une attitude positive vis-à-vis des outils d'IA.

Limitations méthodologiques de l'étude

La première limitation à mon étude est le taux de réponse qui n'est que de 76 répondants sur 767 membres de la BSR en 2023, pour un total de 2085 radiologues en Belgique ²⁷, via le site du SPF santé publique. Le taux de réponse au questionnaire est de 10 %. Ce taux de réponse en valeur absolue ne nous permet malheureusement pas d'avoir un avis représentatif de la population de radiologues de Belgique. Le type de valeurs sous format de classe nominale et ordinale ainsi que le nombre de répondants ne permet pas d'avoir d'analyse statistique. Et au niveau des radiologues de Belgique cela ne représente que 3.6 % des effectifs.

Une autre limitation est liée au principe même du formulaire qui crée un biais de sélection. En effet ce biais suppose que les répondants vont être des personnes plus intéressées par l'IA que la majorité de la population des radiologues membre de la BSR. On notera un autre biais de sélection par le type de répondant, qui représente majoritairement des radiologues spécialisés (80 %). Afin de limiter cet impact, j'aurais pu ajouter une question portant sur le type d'hôpital ou cabinet dans lequel travaillent les radiologues. Cette question aurait aussi permis de remplacer le facteur « la région où travaillent les répondants », par le facteur « le type d'hôpitaux où travaillent les répondants », plus pertinents pour nuancer les réponses entre milieu universitaire potentiellement plus ouvert/informé des outils d'IA et milieu non universitaire. Cela aurait permis de faire un lien plus fort avec l'étude de l'ESR.²⁵

En raison des deux biais de sélection cités plus haut, l'étude surestime certainement les connaissances ainsi que l'utilisation des outils d'IA dans la vie quotidienne des radiologues de Belgique.

La dernière limitation est la difficulté de trouver des données similaires entre les différentes études. Les rapprochements entre les différentes valeurs et avis des répondants des différentes publications, sont réalisés par l'auteur de ce mémoire et peuvent donc provenir d'un avis subjectif de l'auteur sur les différents sujets traités.

5. Conclusion

Cette étude montre que les connaissances en IA des radiologues de Belgique sont au minimum similaire à leurs collègues européens, si non un peu plus élevées. Les radiologues de Belgique sont ouverts et positifs vis-à-vis de l'arrivée de l'IA comme outil de travail et prennent cette problématique au sérieux. La formation à l'outil d'IA est un enjeu majeur en Belgique ainsi que dans les autres pays, comme le démontre dernièrement la mise en place de la chaire de médecine numérique à l'UMONS. Les radiologues de Belgique attendent comme leurs collègues européens des outils d'IA qui vont les aider à diminuer les erreurs de diagnostic via une deuxième lecture des résultats produits par les radiologues ; ainsi qu'une amélioration du flux de travail des radiologues via un gain de temps dans la prise en charge des patients.

Même si l'échantillon ne représente qu'une petite partie des radiologues, on voit que l'IA est un sujet qui est pris en considération et qui va amener des évolutions majeures dans les années à venir et pas uniquement dans le monde de la radiologie montre le groupe de travail AI4belgium.

J'aimerais terminer ce mémoire par une réponse provenant des questions libres, qui résume pour moi de manière assez vraie l'évolution de l'IA en radiologie ces dernières années.

« Un outil qui rend mon travail plus rapide et plus agréable

Si nous adoptons pleinement l'IA, elle fonctionnera pour nous plutôt que de manière compétitive contre nous... »

6. Bibliographie

1. Histoire de l'intelligence artificielle - Intelligence artificielle - www.coe.int. Intelligence artificielle. Accessed March 11, 2024. <https://www.coe.int/fr/web/artificial-intelligence/history-of-ai>
2. Man vs Machine. Kasparov. Accessed May 21, 2024. <https://www.kasparov.com/timeline-event/deep-blue/>
3. *Big data*. In: *Wikipédia*. ; 2024. Accessed July 20, 2024. https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Big_data&oldid=216579779
4. What Is Machine Learning (ML)? | IBM. Published September 22, 2021. Accessed July 28, 2024. <https://www.ibm.com/topics/machine-learning>
5. AI vs. Machine Learning vs. Deep Learning vs. Neural Networks | IBM. Published April 15, 2024. Accessed July 28, 2024. <https://www.ibm.com/think/topics/ai-vs-machine-learning-vs-deep-learning-vs-neural-networks>
6. Artificial Intelligence Act: MEPs adopt landmark law | News | European Parliament. Published March 13, 2024. Accessed July 22, 2024. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20240308IPR19015/artificial-intelligence-act-meps-adopt-landmark-law>
7. Digital health - OECD. Accessed May 27, 2024. <https://www.oecd.org/els/health-systems/digital-health.htm>
8. Van Ooijen PMA, ed. *Basic Knowledge of Medical Imaging Informatics: Undergraduate Level and Level I*. Springer International Publishing; 2021. doi:10.1007/978-3-030-71885-5
9. van Ooijen PMA. From Physical Film to Picture Archiving and Communication Systems. In: van Ooijen PMA, ed. *Basic Knowledge of Medical Imaging Informatics: Undergraduate Level and Level I*. Springer International Publishing; 2021:1-14. doi:10.1007/978-3-030-71885-5_1
10. DICOM Library - Anonymize, Share, View DICOM files ONLINE. Accessed March 17, 2024. <https://www.dicomlibrary.com/dicom/dicom-tags/>
11. Lamine H, Laribi F. Solution web pour l'imagerie médicale favorisant la télé-radiologie. https://www.researchgate.net/publication/378292623_Solution_web_pour_l%27imagerie_medical_e_favorisant_la_tele-radiologie
12. Pinto dos Santos D. The Value of Structured Reporting for AI. In: Ranschaert ER, Morozov S, Algra PR, eds. *Artificial Intelligence in Medical Imaging: Opportunities, Applications and Risks*. Springer International Publishing; 2019:73-82. doi:10.1007/978-3-319-94878-2_7
13. Morey JM, Haney NM, Kim W. Applications of AI Beyond Image Interpretation. In: Ranschaert ER, Morozov S, Algra PR, eds. *Artificial Intelligence in Medical Imaging: Opportunities, Applications and Risks*. Springer International Publishing; 2019:129-143. doi:10.1007/978-3-319-94878-2_11
14. Duron L, Ducarouge A, Gillibert A, et al. Assessment of an AI Aid in Detection of Adult Appendicular Skeletal Fractures by Emergency Physicians and Radiologists: A Multicenter Cross-sectional Diagnostic Study. *Radiology*. 2021;300(1):120-129. doi:10.1148/radiol.2021203886
15. Rodríguez-Ruiz A, Krupinski E, Mordang JJ, et al. Detection of Breast Cancer with Mammography: Effect of an Artificial Intelligence Support System. *Radiology*. 2019;290(2):305-314. doi:10.1148/radiol.2018181371

16. Logiciel d'IA dans l'hôpital Jan Yperman. Accessed May 27, 2024. <https://www.siemens-healthineers.com/fr-be/press-room/press-releases/airc-in-janyperman>
17. Arena L, Gaglio G, Vayre JS. *Comment Les Radiologues Ont-Ils Fait Face à l'annonce Programmée de Leur Remplacement Par l'intelligence Artificielle?*; 2022.
18. Huisman M, Ranschaert E, Parker W, et al. An international survey on AI in radiology in 1,041 radiologists and radiology residents part 1: fear of replacement, knowledge, and attitude. *Eur Radiol.* 2021;31(9):7058-7066. doi:10.1007/s00330-021-07781-5
19. Will Artificial Intelligence Replace Radiologists? doi:10.1148/ryai.2019190058
20. L'actualité des médecins spécialistes - Le Spécialiste. Accessed May 6, 2024. <https://www.lespecialiste.be/fr/accueil.html>
21. Home | Building a better working world | EY – Global. Accessed May 6, 2024. https://www.ey.com/en_gl
22. Home. AI4Belgium. Accessed April 28, 2024. <https://ai4belgium.be/en/>
23. FR_BarometreIA_Belgique.pdf. Accessed May 26, 2024. https://www.msconnect.be/fr/wp-content/uploads/sites/15/2022/05/FR_BarometreIA_Belgique.pdf
24. Huisman M, Ranschaert E, Parker W, et al. An international survey on AI in radiology in 1041 radiologists and radiology residents part 2: expectations, hurdles to implementation, and education. *Eur Radiol.* 2021;31(11):8797-8806. doi:10.1007/s00330-021-07782-4
25. Codari M, Melazzini L, Morozov SP, et al. Impact of artificial intelligence on radiology: a EuroAIM survey among members of the European Society of Radiology. *Insights into Imaging.* 2019;10(1):105. doi:10.1186/s13244-019-0798-3
26. Coppola F, Faggioni L, Regge D, et al. Artificial intelligence: radiologists' expectations and opinions gleaned from a nationwide online survey. *Radiol med.* 2021;126(1):63-71. doi:10.1007/s11547-020-01205-y
27. HWF STATAN 2023 (statistiques détaillées). Santé Publique. Published April 18, 2024. Accessed May 26, 2024. <https://organesdeconcertation.sante.belgique.be/fr/documents/hwf-statan-2023-statistiques-detaillees>
28. Jauniaux C. L'UMONS lance une Chaire en Intelligence Artificielle et Médecine digitale en partenariat avec le groupe de presse médicale RMN. Université de Mons. Published September 23, 2022. Accessed June 9, 2024. <https://web.umons.ac.be/fr/lumons-lance-une-chaire-en-intelligence-artificielle-et-medecine-digitale-en-partenariat-avec-le-groupe-de-presse-medecale-rmn/>

