

UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES



ÉCOLE DE SANTÉ PUBLIQUE

Travail de fin d'études en vue de l'obtention du titre
Master en Sciences de la Santé Publique
à finalité **Politiques, systèmes et promotion de la santé**

Intelligence artificielle : un tournant dans la préparation et réponse aux
pandémies ?

Alizée Morias

Directeur : Elisabeth Paul

Promoteur: /

Consultant : /

Année académique 2023-2024

Remerciements

Je tiens tout d'abord à adresser mes premiers remerciements à ma directrice de mémoire, Madame Paul Élisabeth, pour sa disponibilité exceptionnelle, son soutien sans faille et ses conseils précieux tout au long de cette année dédiée à mon mémoire.

Je tiens également à remercier Monsieur Renmans Dimitri, pour son accompagnement durant mon stage au CR3. Merci de m'avoir guidée avec tant de patience. Votre soutien, vos conseils et vos encouragements ont été déterminants dans l'achèvement de ce parcours.

Mes remerciements vont également aux membres du corps académique pour leur accompagnement et enseignements riches au cours de ces trois années, qui ont renforcé mes compétences, et tout particulièrement à Madame Tricas Sandra pour votre bienveillance.

Aux doctorants rencontrés durant mon stage et mon cursus, Amandine O., Fanny B., Frédéric H., Gloria G., Julie S., Patricia ST., Samuel M., pour leur disponibilité, leur soutien et leurs précieux conseils.

À mes parents ainsi que mes frères et ma sœur, merci pour votre soutien moral indéfectible durant cette reconversion. Votre amour et vos encouragements ont été des piliers essentiels dans ce parcours.

À mes compagnons de route qui m'ont accompagnée durant ce défi fou, notamment à Emilie L., pour ta positivité à toute épreuve; Cassandra G., pour ton écoute attentive dans mes plus grands moments de doute; Marine P., pour ta joie de vivre communicative et ta rationalité ; Patrick R., pour avoir patiemment répondu à mes milliers de questions ; Sirine E., pour tes excellents cours d'anglais et ta foi inébranlable en moi ; Sophie P., pour m'avoir poussée dans mes retranchements et pour le temps que tu as consacré au screening de mes 1113 articles.

Enfin, un grand merci à mes amis et collègues pour leur compréhension et leur patience tout au long de ces trois années.

Résumé

Morias Alizée – Finalité politiques, systèmes et promotion de la santé

Titre : Intelligence artificielle : un tournant dans la préparation et réponse aux pandémies ?

Année académique : 2023-2024

Contexte : La pandémie récente de COVID-19 soulève de grandes remises en question au sujet de l'état de préparation et de la capacité de réponse aux pandémies. Dans le même temps, nous assistons à l'émergence croissante de l'intelligence artificielle (IA) dans les systèmes de santé. La pandémie de COVID-19 a considérablement fait augmenter son utilisation, ouvrant de nouvelles perspectives dans le soutien des états à anticiper, prévenir et répondre aux pandémies. Toutefois, cette évolution soulève encore de nombreuses interrogations nécessitant une attention particulière.

Objectif : Cette revue vise à (i) identifier les effets attendus positifs de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la préparation et réponse aux pandémies, et (ii) identifier les limites de son utilisation, ainsi que les risques qui pourront en découler dans ce contexte.

Méthode : Une revue exploratoire systématique a été menée conformément aux critères de Joanna Briggs Institute (JBI). Une recherche systématique a été effectuée dans trois bases de données : Pubmed, Proquest et Scopus.

Résultats : Trente articles étaient éligibles, dont 25 articles portaient sur la pandémie de COVID-19, un sur la grippe, et quatre articles sur les pandémies de manière plus globale. Les effets attendus positifs de l'IA, identifiés dans 23 articles, comprennent notamment la détection et le contrôle de la propagation du virus, l'automatisation et l'optimisation des soins et l'accès amélioré et plus équitable à l'information. Le même nombre d'articles ont également identifié des limites et des risques associés à l'utilisation de l'IA, soulevant notamment de grande préoccupations concernant l'atteinte à la vie privée, le contrôle social et les recommandations biaisées.

Conclusions : Cette revue met en lumière le potentiel de l'IA pour soutenir la lutte contre les pandémies. Néanmoins, elle souligne également des risques et des limites significatifs de son utilisation au sein du système de santé. Face à ces défis, il devient crucial de mettre en place une réglementation claire pour s'assurer que l'IA soit déployée dans l'intérêt des populations.

Mots-clés : préparation pandémie; réponse pandémie; contrôle pandémie, intelligence artificielle, IA

Abstract

Morias Alizée – Finalité politiques, systèmes et promotion de la santé

Titre : Artificial Intelligence: A Turning Point in Pandemic Preparedness and Response?"

Année académique : 2023-2024

Background: The recent COVID-19 pandemic raises major questions about pandemic preparedness and response capacity. At the same time, we are witnessing the growing emergence of artificial intelligence (AI) in healthcare systems. The COVID-19 pandemic considerably increased its use, opening up new perspectives in supporting states to anticipate, prevent and respond to pandemics. However, this evolution still raises many questions requiring particular attention.

Objectives: This review aims to (i) identify the expected positive effects of using artificial intelligence in pandemic preparedness and response, and (ii) identify the limits of its use, as well as the risks that may arise in this context.

Method: A systematic scoping review was conducted in accordance with the Joanna Briggs Institute (JBI) criteria. Three databases were systematically searched: Pubmed, Proquest and Scopus.

Results: Thirty articles were eligible, of which 25 focused on the COVID-19 pandemic, one on influenza, and four on pandemics more generally. Positive expected effects of AI, identified in 23 articles, included detection and control of virus spread, automation and optimization of care, and improved and more equitable access to information. The same number of articles also identified limitations and risks associated with the use of AI, notably raising major concerns about invasion of privacy, social control and biased recommendations.

Conclusions: This review highlights potential of AI to support the fight against pandemics. Nevertheless, it also highlights significant risks and limitations of its use within the healthcare system. Faced with these challenges, it becomes crucial to put in place clear regulations to ensure that AI is deployed in the interests of populations.

Key words : Pandemic Preparedness; Pandemic Response; Pandemic Control; Artificial intelligence; AI

Table des matières

Remerciements.....	i
Résumé.....	ii
Abstract	iii
Liste des tableaux et figures	vi
Liste des abréviations.....	vii
Lexique des définitions.....	viii
Lexique des terminologies de l'intelligence artificielle :	ix
Historique :	ix
Terminologie :	ix
Introduction.....	1
Théorie et concept :	2
1. Préparation et réponse aux pandémies :	2
2. Intelligence artificielle :	5
Question de recherche et objectifs :	6
Méthodes	8
1. Critères d'inclusion et d'exclusion :	8
1.1 Population :	8
1.2 Concept :	8
1.3 Contexte :	9
1.4 Types de sources de preuves :	9
2. Stratégie de recherche :	9
2.1 Moteurs de recherche :	9
2.2 Mots-clés :	10
2.3 Équation de recherche :	10
3. Sélection des études :	10
4. Évaluation de la qualité méthodologique :	11
5. Extraction des données :	12
6. Synthèses des données :	12
Résultats :	13
1. Identification des études :	13
2. Caractéristiques des articles :	14
3. Synthèse narrative des résultats :	19
1. Les effets attendus positifs :	20
2. Limites et risques :	25
Discussion :	33

1.	Présentation du cadre conceptuel :.....	33
2.	Discussion des résultats :.....	36
2.1	Entre vie privée et lutte contre les pandémies :.....	36
2.2	Qui sera tenu pour responsable ?.....	39
2.3	L'intelligence artificielle entre deux paradigmes :	40
2.4	L'IA catalyseur ou inhibiteur des inégalités en temps de pandémie :.....	42
2.5	Soutenabilité de l'IA : un mythe ou une réalité ?	44
3.	Recommandations :.....	47
4.	Points forts et limites :.....	48
	Conclusion :.....	49
	Bibliographie :.....	51
	Annexes :.....	59
1.	Annexe 1 : Équation de recherche pour les trois bases de données.....	59
2.	Annexe 2 : Checklist Prisma complétée.....	60
3.	Annexe 3 : Évaluation de qualité des textes et opinions - JBI critical appraisal checklist for text and opinion papers (47)	62
4.	Annexe 4 : tableaux des résultats de l'évaluation de qualité des textes et opinions selon le JBI critical appraisal checklist for text and opinion papers.	63
5.	Annexe 5 : Évaluation de qualité des recherches qualitatives – JBI critical appraisal checklist for qualitative research (46)	65
6.	Annexe 6 : tableaux des résultats de l'évaluation de qualité des recherches qualitatives - JBI critical appraisal checklist for qualitative research	66
7.	Annexe 7 : Évaluation de qualité des études transversales - JBI critical appraisal checklist for analytical cross-sectional studies (48).....	67
8.	Annexe 8 : tableaux des résultats de l'évaluation de qualité des études transversales - JBI critical appraisal checklist for analytical cross-sectional studies	68
9.	Annexe 9 : Évaluation de qualité des études randomisées contrôlées -JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials (49)	69
10.	Annexe 10: Tableaux des résultats de l'évaluation de qualité des études randomisées contrôlées -JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials :.....	69
11.	Annexe 11 : Raison d'exclusion lecture texte intégral	70

Liste des tableaux et figures

Liste des tableaux

TABLEAU 1. DONNÉES EXTRAITES POUR LES RÉSULTATS	12
TABLEAU 2. CARACTÉRISTIQUES ET RÉSUMÉ DES ARTICLES INCLUS	15
TABLEAU 3. THÉMATIQUES DES ARTICLES INCLUS.....	19
TABLEAU 4. ÉQUATION DE RECHERCHE	59
TABLEAU 5. ÉVALUATION DE QUALITÉ DES TEXTES ET OPINIONS	64
TABLEAU 6. ÉVALUATION DE QUALITÉ DES RECHERCHES QUALITATIVES	66
TABLEAU 7. ÉVALUATION DE QUALITÉ DES ÉTUDES TRANSVERSALE	68
TABLEAU 8. ÉVALUATION DE QUALITÉ DES ÉTUDES RANDOMISÉES CONTRÔLÉE	69
TABLEAU 9. RAISON D'EXCLUSION TEXTE INTÉGRAL.....	72

Liste des figures

FIGURE 1. CADRE CONCEPTUEL DE LA PPR (31).....	4
FIGURE 2. DIAGRAMME DE PRISMA	13
FIGURE 3. ANNÉE DE PUBLICATION.....	14
FIGURE 4. PANDÉMIE/EPIDÉMIE	14
FIGURE 5. CADRE CONCEPTUEL DES RÉSULTATS	34

Liste des abréviations

IA : Intelligence artificielle

COVID-19 : Coronavirus disease 19

ML : Machine learning

DL : Deep Learning / Apprentissage profond

H1N1 : Influenza A virus subtype H1N1 (Virus responsable de la grippe A)

SRAS-CoV2 : Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (Coronavirus 2 du syndrome respiratoire aigu sévère)

SRAS : Severe Acute Respiratory Syndrome (Syndrome respiratoire aigu sévère)

PNUD : Programme des Nations Unies pour le développement

ODD : Objectifs de développement durable

OMS: Organisation mondiale de la santé

RSI: Règlement sanitaire international

PHEIC: Public Health Emergency Of international Concern (Urgence de santé publique d'ampleur internationale)

PPR: Pandemic preparedness and response (Préparation et réponse aux pandémies)

INP : Interventions non pharmaceutiques

RGPD : règlement général sur la protection des données

UE : Union Européenne

CCPA : California Consumer Privacy Act

CPRA : California Privacy Rights Act

TIC : Technologies de l'information et de la communication

JBI : Joanna Briggs Institute

PRISMA-ScR : Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses-Scoping reviews

PCC : Population-Concept-Contexte

ANN : (Réseau de neurones artificiel)

ETS : Évaluation des technologies de santé

EMA : Agence européenne des médicaments

Lexique des définitions

Pandémie : « *épidémie survenant à l'échelle mondiale ou dans une zone très vaste, traversant les frontières internationales et affectant généralement un grand nombre de personnes.* » (traduction de l'anglais) (1).

Épidémie : « *une épidémie de maladie qui se propage rapidement et qui touche un très grand nombre de personnes.* » (2)

Une maladie infectieuse : « *un agent infectieux causées par des micro-organismes pathogènes, tels que des bactéries, des virus, des parasites ou des champignons; les maladies peuvent se propager, directement ou indirectement, d'une personne à l'autre.* » (3)

Infodémie : « *Une infodémie est une trop grande quantité d'informations, y compris des informations fausses ou trompeuses, dans des environnements numériques et physiques pendant une épidémie.* »(4)

Littératie numérique : « *Implique l'utilisation confiante et critique d'une gamme complète de technologies numériques pour l'information, la communication et la résolution de problèmes de base dans tous les aspects de la vie. Il s'appuie sur des compétences de base en technologies de l'information et de la communication (TIC) : l'utilisation des ordinateurs pour récupérer, évaluer, stocker, produire, présenter et échanger des informations, et pour communiquer et participer à des réseaux collaboratifs via Internet.* » (5).

Fracture numérique : « *se réfère à l'écart entre les individus, les ménages, les entreprises et les zones géographiques à différents niveaux socio-économiques en ce qui concerne à la fois leurs possibilités d'accéder aux technologies de l'information et de la communication (TIC) et d'utiliser l'Internet pour un large éventail d'activités pour un large éventail d'activités.* »(6)

Technologie de santé : « *Application de connaissances et de compétences organisées sous la forme de dispositifs, de médicaments, de vaccins, de procédés et de systèmes mis au point pour résoudre un problème de santé et améliorer la qualité de la vie. Les expressions technologies de la santé et technologies des soins de santé sont interchangeable.* »(7)

Évaluation des technologies de santé : « *L'évaluation systématique des propriétés et des effets d'une technologie de la santé pouvant porter tant sur les effets directs et intentionnels de cette technologie que sur ses conséquences indirectes et non intentionnelles, et ayant pour principal objectif d'éclairer la prise de décision en matière de technologies de la santé. L'évaluation des technologies de la santé est réalisée par des groupes interdisciplinaires qui utilisent des cadres d'analyse explicites faisant appel à diverses méthodes* »(8)

Lexique des terminologies de l'intelligence artificielle :

Historique :

L'intelligence artificielle est décrite pour la première fois par le mathématicien Alan Turing en 1950, il s'agit de l'un des fondateurs de l'informatique moderne et de l'IA. Il va définir le comportement intelligent d'un ordinateur comme « *la capacité d'atteindre des performances de niveau humain dans des tâches cognitives.* » (9) Cette description deviendra par la suite connue sous le nom de « test de Turing », elle vise à déterminer si les ordinateurs sont capables d'intelligence humaine (10). Mais ce n'est qu'en 1956 que John McCarthy va décrire formellement le terme « intelligence artificielle », lors d'une conférence à Dartmouth (11).

Son développement pour son usage dans la médecine commence quelques années après cette première description. Ce n'est que dans les années 2000 que l'IA dans le domaine de la médecine va subir des avancées majeures grâce aux améliorations du matériel informatique et des logiciels. Cela a conduit à un grand essor du « deep learning », permettant aujourd'hui à l'IA de largement se démocratiser dans divers domaines de la médecine (10).

Terminologie :

Intelligence artificielle : « *L'intelligence artificielle (IA) désigne la capacité des algorithmes encodés à apprendre à partir de données, leur permettant ainsi d'effectuer des tâches automatisées sans que chaque étape du processus ne doive être explicitement programmée par un être humain.* » (12)

Machine Learning (ML): Ou en Français apprentissage automatique, est un domaine de l'intelligence artificielle, le terme signifie que l'algorithme a la capacité de s'améliorer avec l'expérience, l'algorithme peut donc exécuter des tâches, sans y avoir été explicitement programmé pour celles-ci (13).

Il peut être catégorisé selon trois grands types différents qui vont dépendre de la tâche qu'il est nécessaire d'effectuer.

1. **Apprentissage supervisé** : il s'agit de la méthode la plus courante, l'algorithme est entraîné sur un ensemble de données dites « étiquetées ». L'étiquette va guider l'apprentissage du modèle. Son approche est axée sur les tâches, les tâches les plus courantes sont la « classification » qui sépare les données (identification d'une photo) et « la régression » qui s'adapte aux données (prédiction du taux de glycémie) (14).
2. **Apprentissage non supervisé** : L'algorithme a la capacité d'analyser un ensemble de données dites « non étiquetées ». L'algorithme ne nécessite pas d'être supervisé par l'humain, il va regrouper les données en fonction de leur similitude (14).

3. Apprentissage par renforcement : Dans ce cas-ci, l'algorithme va apprendre à prendre des décisions grâce à l'interaction avec son environnement. Ce type d'apprentissage se base sur la récompense ou la pénalité, lui permettant de devenir plus performant avec le temps (14).

Deep Learning (DL) : Ou apprentissage profond en français, « *est un sous-ensemble de l'apprentissage automatique, qui consiste essentiellement en un réseau neuronal de trois couches ou plus. Ces réseaux neuronaux tentent de simuler le comportement du cerveau humain - même s'ils sont loin d'en égaler les capacités - en leur permettant "d'apprendre" à partir de grandes quantités de données .* »(15) Ce type d'algorithmes peuvent donc effectuer des tâches encore plus compliquées que les algorithmes de Machine Learning. Plus ils seront dotés de couches de réseaux neuronaux, plus ils pourront être performants dans des tâches compliquées (15).

Agent conversationnel : « *Il s'agit d'un programme informatique qui simule une conversation humaine, au travers d'une interface textuelles telle qu'une application de message* » (16)

Ce terme englobe d'autres modèles tels que le **chatbot et assistant virtuel**, ils font tous deux partie de la famille des agents conversationnels, mais comportent des différences en termes de fonctionnalité. L'assistant virtuel est plus sophistiqué et tiendra plus compte du contexte lorsqu'il entre en conversation avec un individu, ce qui rend ses échanges plus naturels.

"Just as artificial intelligence does what it was designed to do, the ability of our systems to cope with the next health crisis will be an irrefutable indicator of the investment we have made in this fight". ¹

¹ Début de citation reprise de l'article : Williams, C. M., Chaturvedi, R., Urman, R. D., Waterman, R. S., & Gabriel, R. A. (2021). Artificial Intelligence and a Pandemic : An Analysis of the Potential Uses and Drawbacks. *Journal of Medical Systems*, 45(3), 26. <https://doi.org/10.1007/s10916-021-01705-y>

Introduction

Le début XXI^e siècle a été marqué par l'émergence d'un nombre croissant d'épidémies et de pandémies dues à divers agents infectieux, tels que le virus H1N1, Ebola, Zika, le SRAS-CoV-2 et Monkeypox (17). Parmi ces crises sanitaires, la pandémie de COVID-19 a eu un impact sans précédent sur la société (18). Cette crise, ainsi que les mesures adoptées par les États, ont affecté de nombreux secteurs tels que l'économie, l'éducation et le tourisme, tout en exacerbant les inégalités (18). Les conséquences sur la santé publique ont été catastrophiques, entraînant des millions de décès et mettant à rude épreuve les infrastructures de santé. Cette situation a mis en lumière la vulnérabilité des systèmes de santé face à de tels agents pathogènes et a souligné la nécessité urgente de les renforcer (18).

Dans le prolongement de cette pandémie, il est devenu crucial d'entreprendre une réflexion approfondie sur l'état de préparation et réponse aux pandémies à l'échelle régionale, nationale et internationale (18,19). Reconnaisant cet impératif, les États membres de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ont entrepris des négociations pour établir un accord juridiquement contraignant sur la prévention, la préparation et la riposte aux pandémies. Ce traité international sur les pandémies viserait à établir les objectifs et les concepts fondamentaux, notamment le renforcement du cadre international de la santé, la résilience face aux pandémies futures, ainsi que l'assurance d'un accès universel et équitable aux produits médicaux. Finalement, l'objectif est de structurer de manière plus efficace l'action collective de lutte contre les pandémies, en favorisant la coopération internationale (18–20).

Parallèlement, le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) a souligné d'importantes inégalités dans les capacités des pays à faire face à la crise de la COVID-19. Les objectifs de Développement Durable (ODD), en particulier le troisième ODD axé sur la santé et le dixième visant à réduire les inégalités, soulignent la nécessité urgente de renforcer les capacités de tous les pays, et plus particulièrement les pays en voie de développement. D'ici 2030, il est primordial de concentrer les efforts dans les domaines de la détection précoce, la réduction des risques et la gestion des menaces sanitaires à l'échelle nationale et mondiale (21).

Dans ce contexte de grande remise en question autour de l'état de préparation et réponse aux pandémies. Nous observons l'émergence croissante de l'intelligence artificielle (IA) au sein des systèmes de santé. La pandémie de COVID-19 a considérablement fait augmenter son utilisation (22). L'IA a joué un rôle clé dans plusieurs aspects de la préparation et réponse aux pandémies, incluant la recherche de thérapies, la détection et le diagnostic du virus, ainsi que la surveillance et le traçage des contacts (23). Son essor répond à une demande de solutions innovantes et rapides dans le contexte d'une crise sanitaire (22). L'IA semble donc offrir de nouvelles perspectives dans le soutien des États à

anticiper, prévenir et répondre aux pandémies (12). Néanmoins, cela soulève de grands questionnements quant à ses potentiels risques pour la santé publique.

Dans cette lignée, l'OMS a fourni des lignes directrices visant à encadrer l'utilisation éthique de l'IA dans le domaine de la santé. Elle reconnaît le potentiel prometteur de cette technologie pour le renforcement des prestations de soins de santé, tout en pointant les grands défis qu'elle peut poser, tels que des défis au niveau éthique, technologique, social et juridique (12).

Théorie et concept :

1. Préparation et réponse aux pandémies :

1.1 *Dynamiques et émergence des maladies infectieuses :*

L'émergence d'une maladie infectieuse nécessite trois conditions (24) :

- 1) Quoi ? L'agent infectieux : L'agent étiologique qui cause la maladie ; des virus, des bactéries, des champignons et des protozoaires, ceux-ci peuvent être émergents ou ré-émergents.
- 2) Qui ? L'hôte : Susceptible d'héberger la maladie, les hôtes sont généralement les humains et les animaux qui vont être exposés et l'hébergés.
- 3) Où ? L'environnement : il est nécessaire d'avoir un milieu favorable et des conditions extérieures à l'hôte pour causer et permettre la transmission de la maladie (24).

Les facteurs qui favorisent l'émergence des maladies infectieuses sont multiples, on retrouve de manière non exhaustive, **les changements environnementaux** : altération des habitats naturels, intensification de l'agriculture, changement climatique. **Les changements démographiques et comportementaux** : urbanisation avec une augmentation de la densité de population dans les zones urbaines, mouvements des populations humaines (guerre, pauvreté...). **La mobilité des populations et la globalisation** : augmentation des voyages et des commerces internationaux qui facilitent la propagation plus rapide des agents infectieux. Mais aussi, l'adaptation et le changement des agents infectieux et ainsi que les contacts de plus en plus étroits entre humains et animaux (25).

La résistance aux antibiotiques est de nos jours, l'une des plus grandes menaces pour la santé mondiale et la sécurité sanitaire. Il s'agit d'un phénomène naturel, mais qui a été largement accéléré par l'usage inapproprié chez l'humain et l'animal (26).

Tous ces facteurs nous rendent aujourd'hui beaucoup plus vulnérables face à l'émergence d'agents pathogènes et, par conséquent, aux risques de pandémies futures .

1.2 Préparation et réponse aux pandémies :

1.2.1 La sécurité sanitaire :

Le concept de « **Sécurité sanitaire** » est un concept central du RSI. Il est défini par l'OMS comme étant « *les activités requises, à la fois proactives et réactives, pour minimiser la vulnérabilité aux évènements de santé publique aigus qui mettent en danger la santé des personnes au-delà des régions géographiques et des frontières internationales* »(27). La sécurité sanitaire vise donc toutes menaces pour la santé publique qu'elles soient des maladies à tendance épidémique, des maladies d'origine alimentaire ou des flambées accidentelles ou intentionnelles (catastrophes naturelles, libération d'un agent infectieux, chimique) (27).

- **Règlement sanitaire international (RSI) :**

Depuis la fondation de l'OMS en 1948, la question de la préparation et de la réponse aux pandémies a été régulièrement soulevée. En 1969, le règlement sanitaire international (RSI) est mis en place dans le but de prévenir la propagation des maladies transmissibles et de renforcer la coopération internationale en matière de santé publique en fournissant un cadre juridique contraignant et un appui opérationnel. À sa création, le RSI se concentrait sur la prévention de la propagation de six maladies transmissibles (28,29).

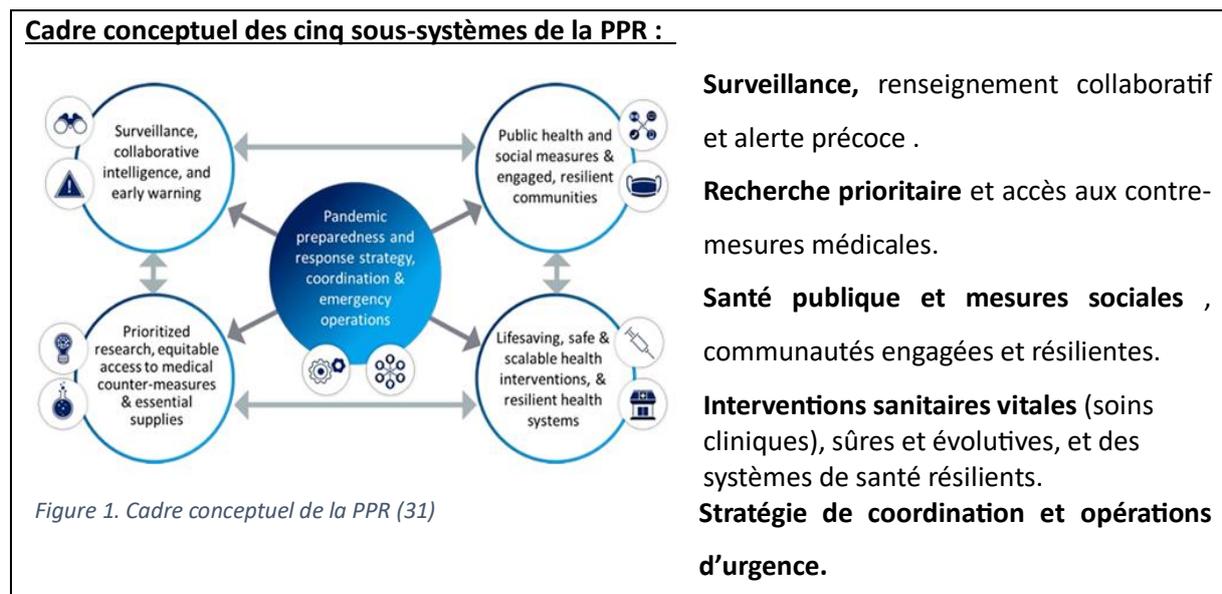
Au fil du temps, il va subir de nombreuses modifications pour mieux s'adapter à l'architecture sanitaire mondiale. La révision majeure de 2005 fait suite à la croissance rapide et à la propagation importante de maladies émergentes ou ré-émergentes telles que l'épidémie de syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) en 2003, nécessitant une approche proactive et globale de la préparation et réponse aux pandémies (28–30).

Cette augmentation des épidémies et pandémies a été attribuée en grande partie au développement de la mondialisation, des voyages internationaux et des échanges commerciaux, qui ont accru le potentiel de propagation des maladies à l'échelle mondiale (29). Cette réforme a aussi élargi la portée du RSI à l'ensemble des évènements susceptibles de constituer une urgence de santé publique d'ampleur internationale (PHEIC) telle que des agents biologiques, chimiques ainsi que radiologiques se rajoutant donc aux flambées épidémiques d'origine naturelle (28–30). Le RSI vise à renforcer les capacités de surveillance et de notification des États membres. L'objectif est de faciliter les échanges rapides d'informations et de ressources lors d'épidémies. Il souligne aussi l'importance cruciale d'une coopération internationale (28,29). Bien que l'OMS ne puisse pas émettre de recommandations contraignantes, la révision du RSI a établi certaines obligations juridiques pour les États. Ces obligations visent à améliorer leur surveillance et capacité de contrôle des épidémies (28,30). Cette même révision

contraint les états à accepter une intervention extérieure lorsque l'ordre mondial international est menacé (28,30).

1.2.2 La préparation et réponse aux pandémies :

Le terme « **Pandemic preparedness and response (PPR)** » englobe un ensemble de mesures de préparation et de riposte face aux pandémies. L'architecture de la PPR se compose de cinq sous-systèmes qui sont interconnectés et qui doivent être déployés aux niveaux local, national, régional et mondial (31).



1.2.3 Les stratégies de lutte contre les pandémies :

Nous retrouvons deux grandes familles de stratégies dans la lutte contre les pandémies,

- **Interventions pharmaceutiques** : thérapies spécifiques à la maladie ainsi que la vaccination des populations, mais aussi des interventions non spécifiques telles que la chimioprophylaxie.
 - **Interventions non pharmaceutiques (INP)** : il s'agit d'un ensemble de contre-mesures basées sur les mesures de protection individuelles (hygiène des mains, port d'un masque), les mesures environnementales (nettoyage des surfaces), les mesures de distanciation sociale (traçage des contacts, quarantaine, confinement) et les mesures liées aux voyages (restrictions de voyage, fermeture des frontières). Ces mesures visent essentiellement à réduire la propagation du virus (32).
- ⇒ D'autres interventions sont également possibles, mais souvent moins mises en avant, il s'agit de la prise de vitamines et de compléments alimentaires qui favorisent l'immunité naturelle des individus (33).

La lutte contre les maladies infectieuses fluctue depuis de nombreuses années entre deux paradigmes distincts, l'un nommé pasteurien et l'autre holistique.

- **Le paradigme pasteurien** est doté d'une vision verticale : cette vision considère que l'origine de la maladie est externe. Ses stratégies de riposte sont donc centrées sur la lutte contre le germe responsable de l'infection. Cette approche considère donc que le seul ennemi est un facteur extérieur à l'humain (34).
- **Le paradigme holistique** est dotée d'une vision horizontale : Cette vision considère que l'origine de la maladie est également interne, ce qui implique que pour éviter la maladie il est nécessaire de promouvoir un état de santé favorable de la population (34). Cette approche vise donc à la mise en place d'un spectre plus large de stratégies telles que la promotion et la prévention de la santé, qui visent à prendre en compte les déterminants sociaux-économiques et les comorbidités (34–36).

Lors de la pandémie de COVID-19, c'est le paradigme pasteurien qui a largement dominé, la lutte ces concentrés essentiellement sur l'objectif de maîtriser et éradiquer le virus au travers de mesures tels que le confinement, les gestes barrières, la recherche de thérapie et de vaccin (34).

2. Intelligence artificielle :

2.1 Définition de l'IA:

L'intelligence (IA) est définie comme la capacité d'un algorithme à apprendre par le biais de données, lui permettant de réaliser des tâches de manière autonome, sans que chaque étape nécessite une programmation par un humain (12).

L'utilisation de l'IA a largement augmentée pendant la pandémie de COVID-19 en raison des restrictions de distanciation sociale et de la possibilité qu'elle offrait pour maintenir cette distanciation. Divers outils sont venus soutenir la lutte contre le virus, par exemple les chatbots qui ont permis d'informer les populations et de lutter contre les infodémies. Mais aussi les algorithmes de Deep Learning qui ont soutenu les diagnostics sur base d'imageries médicales. Ceci ne sont que deux exemples des nombreuses possibilités que l'IA a offertes durant la pandémie. La revue vise à mettre en lumière les différents potentiels de l'IA dans ce domaine. Tout en examinant les risques et les limites que son utilisation a induits.

2.2 Réglementations encadrants l'intelligence artificielle :

Dans cette section quelques réglementations et lois en lien avec l'intelligence artificielle sont énumérées que ce soit dans le contexte mondial ou européen, il ne s'agit pas d'une liste exhaustive, mais des quelques plus grandes réglementations.

Contexte européen :

Le **règlement général sur la protection des données** (RGPD), il s'agit d'un règlement de l'Union européenne (UE) en vigueur depuis 2016 dans la protection des données (37). Il vise à « *protéger les personnes physiques à l'égard des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données.* » (38) Cette réglementation s'applique à toutes les entreprises opérant au sein de l'UE. Elle n'encadre pas spécifiquement l'IA, mais vise à protéger les données personnelles. Cette protection est essentielle en raison de l'accès de l'IA à un grand nombre de données.

Cette réglementation a été complétée récemment par la **Loi européenne sur l'IA**, qui vise une approche basée sur les risques pour réglementer les applications d'IA. Il s'agit de la première loi globale sur l'IA, visant à établir les premières règles contraignantes. Cette Loi applique des règles différentes selon le niveau de risque de la technologie allant d'un risque inacceptable considéré comme une menace; celles-ci sont interdites pour les individus, à un risque minimal (39).

Contexte mondial :

Aux États unis, aucune loi fédérale n'existe pour protéger les données. Les états sont en charge d'édicter leurs propres lois. En Californie, « **California Consumer Privacy Act (CCPA)** » de 2018 a été complété récemment par « **California Privacy Rights Act (CPRA)** » entré en vigueur depuis janvier 2023. Ces lois visent à protéger la vie privée des consommateurs californiens. Le CRPA, permet de protéger davantage les données personnelles (40).

Question de recherche et objectifs :

Comme nous pouvons l'observer, les avancées rapides de l'utilisation de l'IA soulèvent encore des questionnements complexes, en particulier dans le contexte d'une pandémie ou d'une épidémie. La nécessité d'une réponse urgente peut conduire à un déploiement hâtif, en omettant les conséquences négatives qui peuvent en découler (41). Les effets attendus positifs, ainsi que les limites et les risques, restent encore insuffisamment explorés. En effet, la littérature existante se concentre principalement sur des aspects très spécifiques, tels que l'efficacité de l'IA, ce qui ne permet pas d'avoir une vision globale de ses impacts. Il semble donc pertinent, à l'issue d'une des plus grandes pandémies de ce siècle, d'entreprendre des réflexions afin de les identifier dans le contexte de préparation et de réponse aux pandémies.

Question de recherche : cette revue vise à répondre à la question suivante : « *Quels sont les effets attendus positifs, ainsi que les limites et risques de l'intelligence artificielle dans la préparation et réponse aux pandémies ?* »

Objectif principal : cette revue a pour objectif principal d'identifier, d'examiner et de synthétiser les preuves disponibles sur le sujet. Elle explore de manière complète et rigoureuse les effets attendus positifs, ainsi que les risques et les limites de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans le contexte de la préparation et de la réponse aux pandémies, avec une perspective rétrospective et prospective.

Objectifs spécifiques :

1. Explorer la littérature existante avec pour objectif d'identifier les effets attendus de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la préparation et réponse aux pandémies, tout en identifiant les domaines dans lesquels son utilisation peut apporter des avantages substantiels.
2. Explorer la littérature existante avec pour objectif d'identifier les limites techniques, réglementaires, éthiques, organisationnelles et contextuelles de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la préparation et la réponse aux pandémies.
3. Explorer la littérature existante avec pour objectif d'identifier les risques et les mécanismes à l'origine de ceux-ci lors de l'utilisation de l'intelligence artificielle, tels que l'atteinte à la vie privée, les erreurs, et l'intensification des inégalités, dans le contexte de la préparation et de la réponse aux pandémies.

Afin de clarifier les termes « effets attendus positifs », « limites » et « risques », une définition sera proposée pour chacun d'eux. Les recherches effectuées pour ces termes n'ont pas permis de trouver des définitions qui s'adaptent aux contextes de la revue. Pour ce faire, nos propres définitions sont proposées ci-dessous, elles visent à fournir une meilleure compréhension des termes et ne s'appliquent qu'à cette revue.

La définition pour le concept d' « **effets attendus positifs** » dans notre revue désigne les éléments favorables induits par l'utilisation de l'intelligence artificielle, visant à améliorer la préparation et la réponse aux pandémies. Ce concept va au-delà de sa simple utilisation; il cherche à mettre en lumière les effets positifs qui en résultent.

La définition pour le concept de « **Limite** » dans notre revue désigne un ensemble d'éléments, intrinsèques ou extrinsèques à l'intelligence artificielle, qui entravent son fonctionnement ou son déploiement optimal dans le contexte d'une pandémie.

La définition pour le concept de « **risque** » dans notre revue désigne un danger ou un effet délétère résultant de l'utilisation de l'intelligence artificielle, qui peut affecter les acteurs du système et sa population dans le contexte d'une pandémie.

À notre connaissance, cette revue est la première à explorer cette thématique en identifiant les effets attendus positifs, ainsi que les limites et les risques de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la

préparation et la réponse aux pandémies. Elle permettra de fournir une analyse complète de la littérature existante et de combler les lacunes actuelles sur le sujet. Ceci aidera les parties prenantes concernées telles que les chercheurs, décideurs politiques, soignants et la population à mieux comprendre les enjeux de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans ce contexte. Cela soutiendra son usage judicieux ainsi que l'élaboration de politiques publiques éclairées.

Méthodes

Cette recherche a été conduite en utilisant une méthode de revue exploratoire systématique (systematic scoping review) avec une synthèse narrative des données qualitatives. La revue exploratoire systématique a été conduite conformément à la méthodologie du Joanna Briggs Institute (JBI) pour les revues exploratoires (42). Elle s'appuie sur les lignes directrices de la méthode PRISMA-ScR « *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses-Scoping reviews* » (43) ; ceci afin d'assurer la transparence et la qualité du compte rendu de la revue. La qualité méthodologique des articles a été évaluée par les outils adaptés fournis par la méthode JBI.

Le choix de cette méthodologie a été déterminé par l'objectif exploratoire de notre revue, visant donc à cartographier les concepts clés de notre question de recherche et à identifier les lacunes (44). Le choix de conduire cette revue de manière systématique a été décidé pour couvrir de manière exhaustive les différentes dimensions de la question de recherche et pour garantir que les conclusions soient issues de résultats de qualité et pertinents, grâce à l'évaluation de la qualité méthodologique des articles. Bien que l'évaluation de qualité ne soit pas un prérequis pour une revue exploratoire selon la méthodologie du JBI, il a été jugé opportun compte tenu des objectifs, d'en réaliser une pour chaque article (42).

1. Critères d'inclusion et d'exclusion :

La première étape de la construction de notre revue s'est faite avec l'élaboration d'un PCC. Le PCC recommandé par la méthodologie JBI a été appliqué, il s'agit du modèle « Population – Concept – Contexte » (42). Ce modèle a permis de définir les critères d'éligibilité.

1.1 Population :

Cette revue vise l'ensemble des individus et des systèmes liés à la préparation et la réponse aux pandémies.

1.2 Concept :

Le premier concept étudié dans cette revue est « l'intelligence artificielle » incluant les termes : Apprentissage automatique, apprentissage profond, chatbot, agent conversationnel, Traitement

automatique du langage naturel, intelligence artificielle générative, système expert, algorithme intelligent, automatisation cognitive et grands modèles de langage.

Le second concept est « la préparation et la réponse aux pandémies » en se basant sur les cinq sous-systèmes de la PPR (les interventions sanitaires vitales, la santé publique et les mesures sociales, la surveillance et l'alerte précoce, la recherche prioritaire et la coordination et opérations d'urgences) (45). Seuls les articles portant sur l'utilisation de l'IA dont l'objectif est de lutter contre une pandémie / épidémie de maladies infectieuses ont été inclus. Ceci exclut toute autre utilisation de l'IA durant une pandémie/une épidémie, dont objectif est de lutter contre d'autres problématiques.

1.3 Contexte :

Le contexte est global, il concerne la préparation et réponse aux pandémies/épidémies de maladie infectieuse sans imposer de limites géographiques. Le choix de ne pas limiter la revue à une zone géographique spécifique est motivé par l'utilisation encore limitée de l'intelligence artificielle, ainsi que de l'intérêt de pouvoir inclure des éléments qui n'auraient peut-être pas été mis en évidence dans certains contextes.

1.4 Types de sources de preuves :

Cette revue a inclus tous les types d'études quantitatives et qualitatives, ainsi que des études de cas et des évaluations d'outil, sans s'y limiter. En effet, la thématique et l'approche choisies nécessitent de récolter des avis d'expert et de chercheurs, ce qui implique l'inclusion d'articles théoriques et d'analyses, ainsi que d'éditoriaux, de commentaires, de perspectives, d'essais et d'articles d'opinion. Les revues et la littérature grise, ont quant à elles, été exclues de cette revue, de même que tous autres documents non cités précédemment. Cette méthode permettait d'inclure les différentes perspectives des parties prenantes concernées telles que les patients, les soignants, les experts et les chercheurs.

2. Stratégie de recherche :

La revue exploratoire systématique s'est focalisée sur une analyse des articles publiés à partir de janvier 2019. Ce choix a été motivé par la rapide évolution des techniques d'intelligence artificielle. Le choix des langues anglaise et française était fondé sur les compétences linguistiques de l'auteur de la revue et reposait sur le constat que l'essentiel des articles scientifiques sont rédigés en anglais.

2.1 Moteurs de recherche :

La méthode de recherche est basée sur une recherche documentaire approfondie en utilisant les bases de données Medline via PubMed, Scopus, et les bases de données disponibles via la plateforme ProQuest, avec comme objectif d'inspecter l'ensemble des publications associées à l'équation de recherche. Les bases de données ont été consultées entre le 01/01/2024 et le 09/03/2024. Les articles

publiés après cette date n'ont pas été pris en compte. L'ensemble de la bibliographie des revues et des articles pertinents a été soigneusement inspecté afin de trouver des articles qui n'auraient pas été détectés à l'aide de l'équation de recherche.

2.2 Mots-clés :

La première phase du processus de recherche consistait à cibler les mots-clés afin d'identifier des équations de recherche. Les mots-clés identifiés étaient: "Artificial intelligence", "AI", "Machine Learning", "Deep Learning", "chatbot", "natural language processing", "NLP", "conversational agent", "Generative Ai", "Expert system", "Intelligence Algorithm"; "cognitive automation", "large language models", "Pandemic Preparedness", "Pandemic Response", "Pandemic Control", "Health crisis". Il a été initialement décidé d'inclure le mot-clé "Health crisis" dans notre équation de recherche; bien qu'il englobe un spectre plus large de crises et pas seulement les pandémies/épidémies. Il permettait d'obtenir des résultats pertinents. En effet, lors des tests de l'équation de recherche, il a été constaté que ce mot-clé permettait d'obtenir des articles appropriés pour le sujet, identifiant des articles qui ne figuraient pas parmi les résultats obtenus avec les trois autres mots-clés : "Pandemic Preparedness", "Pandemic Response", "Pandemic Control".

2.3 Équation de recherche :

La deuxième phase a impliqué l'élaboration des équations de recherche. Les concepts et synonymes ont été combinés à l'aide de l'opérateur booléen « AND » et « OR ». L'opérateur « AND » a été employé pour sélectionner exclusivement les articles contenant la totalité des mots-clés, tandis que l'opérateur « OR » a été utilisé pour inclure les articles contenant au moins l'un des mots-clés. La troncature, représentée par le signe « * » a été utilisée afin d'élargir la recherche à tous les termes commençant par la même racine et pour inclure les termes au pluriel. Les guillemets (« ») ont été utilisés pour retrouver les expressions exactes. Le filtre [Title/Abstract] ou « TITLE-ABS-KEY » ou « TI » a été appliqué selon le moteur de recherche à chaque mot-clé pour limiter les résultats aux études mentionnant les termes dans leur titre ou leur résumé. Les filtres ont été adaptés selon les bases de données; un filtre débutant à partir de janvier 2019 a été inclus. Pour la plateforme ProQuest, un filtre supplémentaire a été ajouté pour sélectionner uniquement les publications académiques. Les trois équations de recherche sont présentées en annexe 1, identifiées en *Tableau 3. Équation de recherche.*

3. Sélection des études :

L'ensemble des sources bibliographiques identifiées lors de la recherche ont été collectées à l'aide du logiciel Endnote. Les doublons ont ensuite été supprimés. Les données dédoublonnées ont été importées dans le logiciel Rayyan pour procéder au triage des articles. Un deuxième processus de dédoublonnage a été réalisé pour garantir qu'aucun doublon ne subsiste. La première étape du triage

consistait en une sélection sur base des titres et résumés. Les articles dont la lecture a fait subsister des doutes ont été retenus pour la seconde étape de sélection. Cette étape a été intégralement réalisée par deux examinateurs ayant une maîtrise suffisante de la thématique. Cette première étape a mené à la sélection de 147 articles pour la seconde phase.

La deuxième étape a consisté à la lecture du texte intégral. Les articles qui répondaient aux critères d'inclusion ont été inclus dans la revue. Pour des raisons logistiques, cette étape de sélection n'a pas pu être effectuée par un deuxième examinateur, néanmoins les articles laissant subsister un doute ont été lus par le deuxième examinateur qui a validé ou non leur inclusion dans la revue. L'ensemble des bibliographies des articles sélectionnées ainsi que des revues pertinentes ont été aussi analysées afin de trouver des articles qui n'avaient pas été identifiés par l'équation de recherche, ces articles ont suivi le même processus de sélection.

4. Évaluation de la qualité méthodologique :

Les recommandations du JBI ont été suivies pour l'évaluation de la qualité méthodologique des études et articles inclus dans la revue (42). L'outil le plus approprié pour chaque type d'étude a été utilisé, les recherches qualitatives ont été évaluées à l'aide de la checklist pour les recherches qualitatives (46). Les articles théoriques et d'analyse, ainsi que les opinions, commentaires, perspectives et éditoriaux ont été évalués à l'aide de la checklist destinée aux textes et opinions (47). Les études transversales ont quant à elle été évaluées par la checklist pour études transversales (48). Il en a été de même les essais contrôlés randomisés qui ont été évalués avec l'outil destiné à ce type d'étude (49).

Les articles devaient remplir au minimum 50% des critères. Néanmoins, nous avons appliqué un critère obligatoire et donc éliminatoire pour les textes et opinions. Il s'agissait de la transparence dans le référencement des sources bibliographiques. Si ce critère n'était pas respecté ou était insuffisant, l'article était refusé. Les évaluations de qualité de chaque article, ainsi que les checklist du JBI se trouvent en annexe 3-10.)

5. Extraction des données :

Dans le but de faciliter l'analyse des articles inclus dans la revue de la littérature, les données ont été extraites en suivant une procédure d'extraction à l'aide d'un tableau Excel reprenant les données suivantes :

Tableau 1. Données extraites pour les résultats

Titre	Auteurs	Année	Pays	Journal	Methodologie	Objectif de l'étude	Type IA	Utilisation	Sous-système	Effet attendu positif	Limite	Risque

Afin de répondre à notre question, qui était « *Quels sont les effets attendus positifs, ainsi que les limites et risques de l'intelligence artificielle dans la préparation et réponse aux pandémies ?* », un tableau a été créé pour mettre en avant les différents thèmes identifiés permettant de catégoriser les articles sélectionnés. L'analyse des articles a ensuite été réalisée en utilisant, dans un premier temps, une approche de codage ouvert « open coding » et dans un second temps, les thèmes récurrents ont été identifiés dans chacun des trois grands thèmes : effets attendus positifs, limites et risques.

6. Synthèses des données :

Après avoir extrait les données, les résultats de la recherche ont été synthétisés à l'aide d'une approche narrative. Ces résultats ont été classés en fonction des thèmes émergents. L'objectif était d'identifier les sous-systèmes susceptibles de montrer des effets attendus positifs de l'utilisation de l'intelligence artificielle, ainsi que de mettre en évidence les limites et les risques associés. Dans notre revue, la décision a été prise de différencier les limites, des risques. Bien que les concepts de « risque » et de « limite » soient étroitement liés, cette distinction s'est avérée nécessaire pour comprendre les mécanismes responsables de la survenue d'un risque, ce qui permettra d'ouvrir des pistes de solutions pour les atténuer. Néanmoins, afin de faciliter la lecture des résultats, une approche de recatégorisation a été employée pour englober divers risques et limites, dont l'objectif était d'améliorer la clarté et la fluidité de la lecture. Cette méthode de catégorisation n'est ni exhaustive ni exclusive. D'autres approches auraient pu être envisagées pour structurer les données; cette méthode omet certains liens qui seront abordés dans la partie discussion à travers un cadre conceptuel. Les effets attendus positifs seront, quant à eux, présentés par sous-système de la préparation et de la réponse aux pandémies de l'OMS, si applicables.

Résultats :

1. Identification des études :

Le lancement des équations sur les trois bases de données a permis d'identifier 1457 articles. Une fois le dédoublement effectué, un total de 1113 articles a été inclus pour la sélection sur base du titre et du résumé. Ensuite, 147 articles ont été inclus pour la seconde phase, qui consistait en la lecture intégrale du texte. Dans le même temps, l'ensemble des sources bibliographiques des études, ainsi que des revues pertinentes, ont été inspectées minutieusement dans le but de trouver d'autres articles non repris par l'équation de recherche. Cette méthode a permis d'identifier 12 articles supplémentaires, qui ont été ajoutés à la sélection. 19 articles ont, quant à eux, été retenus sur base de l'équation, ce qui amène à l'inclusion de 31 articles pour les résultats. Néanmoins, après l'évaluation de la qualité, un article a été rejeté. L'inclusion finale est donc de 30 articles. Le processus détaillé de la recherche est présenté à l'aide de l'organigramme PRISMA. La liste des articles exclus après lecture du texte intégral, ainsi que la raison de leur exclusion est présentée en annexe 11 intitulé « Raison d'exclusion lecture texte intégral ».

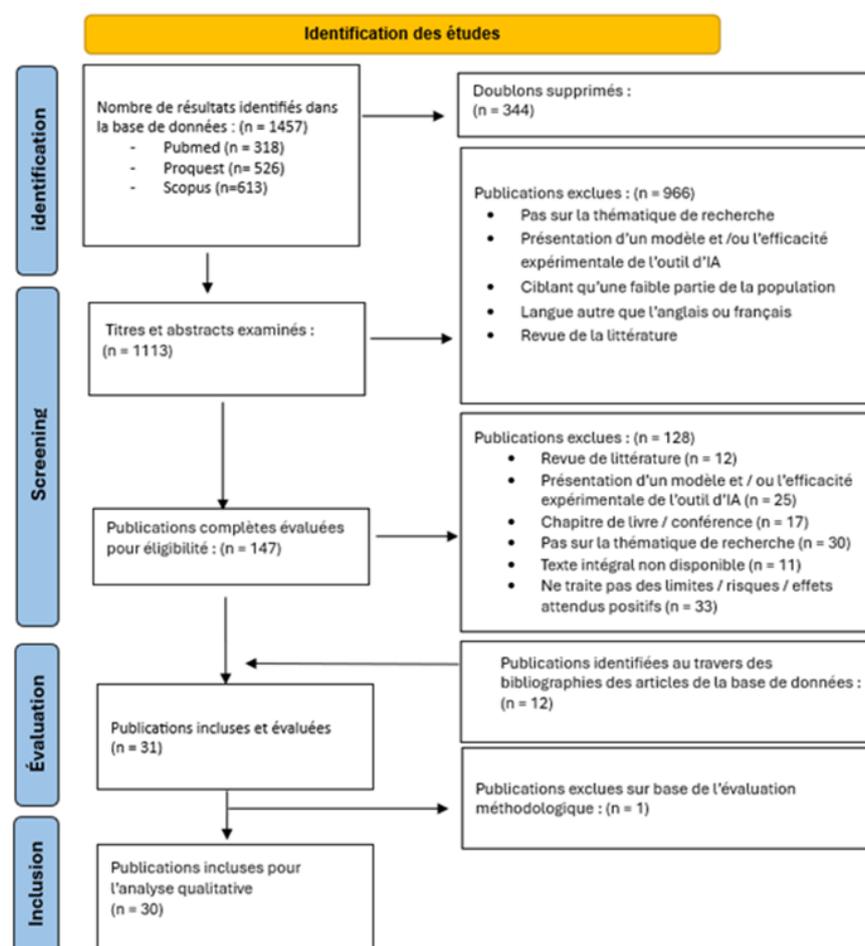


Figure 2. Diagramme de Prisma

2. Caractéristiques des articles :

Sur les 30 articles retenus pour cette revue, trois ont suivi une méthode qualitative, six sont des études de cas ou des évaluations d'outils. Quatre sont des études quantitatives et 17 ont été catégorisés selon les critères du JBI en tant que textes et articles d'opinion. Les réponses détaillées de l'évaluation de qualité du JBI pour chaque article sont présentées en annexe 3-10 intitulée « tableaux des résultats de l'évaluation de qualité ». La liste des articles inclut ainsi que leurs caractéristiques sont présentées dans le tableau 2 intitulé « Caractéristiques et résumé des articles ». Les grandes thématiques de chaque article sont, quant à elles, présentées dans le tableau 3 intitulé « Thématiques des articles inclus ».

Ce graphique, intitulé « Pandémie/Épidémie », illustre le pourcentage de publications spécifiques à une

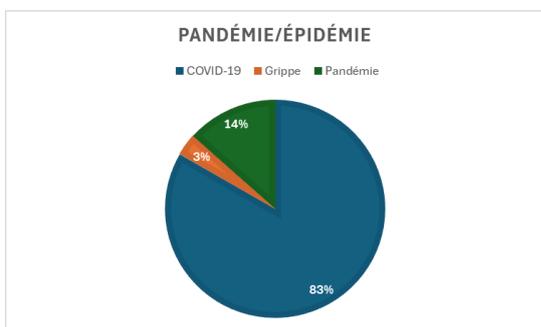


Figure 4. Pandémie/Epidémie

comparé à celles portant sur les pandémies de manière plus générale. Nous pouvons remarquer que 83 %, soit 25 articles, portaient sur la pandémie de COVID-19, contre un article sur la grippe publié en 2019. Les quatre articles restants traitent des

pandémies de manière plus globale.

Ce graphique, intitulé « Année de publication », illustre les années de publication des articles.

Nous observons qu'une grande quantité des articles a été publiée en 2020, année marquée

par le début de la crise de COVID-19. Après 2020, le nombre de publications diminue progressivement, et tombe à zéro en 2024. Il est à noter que la recherche d'articles s'est arrêtée en mars 2024.



Figure 3. Année de publication

Ce graphique, intitulé « répartition territoriale », illustre la distribution géographique des articles. Il

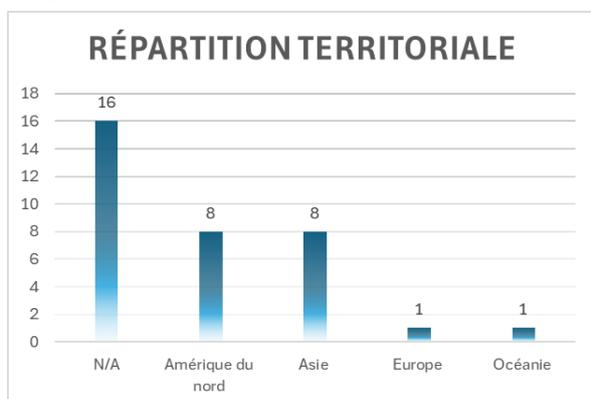


Figure 5. Répartition territoriale multicentriques.

révèle une prédominance nette de l'utilisation de l'intelligence artificielle en Amérique du Nord et en Asie, contrastant fortement avec les autres continents. Concernant les territoires non identifiés, ils proviennent des articles scientifiques et d'opinions qui ne définissaient pas de zone géographique ; un seul de ces articles l'a définie. Le surplus provient de deux études qui étaient

Tableau 2. Caractéristiques et résumé des articles inclus

Titre	Auteurs	Année	Pays	Journal	Méthodologie	Objectif de l'étude	Type IA	Utilisation	Sous-systèmes
Artificial Intelligence in Public Health: Revolutionizing Epidemiological Surveillance for Pandemic Preparedness and Equitable Vaccine Access	Anjaria, P. et al	2023	N/A	Vaccines (Basel)	Éditorial	N/A	IA	Gestion de la crise de manière globale	Surveillance et alerte précoce, Coordination et opérations d'urgence Santé publique et mesure sociales
The role of artificial intelligence in tackling COVID-19	Arora N et al	2020	N/A	Futur Virology	Commentaire	N/A	IA	Gestion de la crise de manière globale	Interventions sanitaires vitales surveillance et alerte précoce Recherche prioritaire Santé publique et mesures sociales
Using AI ethically to tackle Covid-19.	Cave, S. et al	2021	N/A	BMJ : British Medical Journal	Article d'analyse	N/A	IA	Gestion de la crise de manière globale	N/A
Artificial Intelligence in Global Health	Davies, S. E.	2019	N/A	Ethics & International Affairs	Essai	N/A	IA / Machine learning	Gestion de la crise de manière globale	Surveillance et alerte précoce Santé publique et mesures sociales Recherche prioritaire Coordination et opérations d'urgence
Machine learning to assist clinical decision-making during the COVID-19 pandemic	Debnath, S. et al	2020	N/A	Bioelectron Med	Perspective	N/A	Machine learning	Utilisation dans l'ensemble du processus de soins cliniques (prédiction hospitalisation, contamination, dégradation..)	Interventions sanitaires vitales
The challenges of deploying artificial intelligence models in a rapidly evolving pandemic	Hu, Y. et al	2020	N/A	Nature Machine Intelligence	Commentaire	N/A	IA	Utilisation dans les soins cliniques	Interventions sanitaires vitales
Does "AI" stand for augmenting inequality in the era of covid-19 healthcare?	Leslie, David et al	2021	N/A	BMJ : British Medical Journal	Perspective	N/A	IA	Gestion de la crise de manière globale	Interventions sanitaires vitales
Combat COVID-19 with artificial intelligence and big data	Lin, L et al	2020	Asie de l'est	Journal of Travel Medicine	Article scientifique	N/A	IA	Différents moyens utilisés pour limiter la propagation du virus au sein de la population (pass sanitaire)	Santé publique et mesures sociales

N/A: non applicable (critère non mentionné dans l'article)

Titre	Auteurs	Année	Pays	Journal	Méthodologie	Objectif de l'étude	Type IA	Utilisation	Sous-systèmes
Artificial intelligence cooperation to support the global response to COVID-19	Luengo-Oroz, M et al	2020	N/A	Nature Machine Intelligence	Commentaire	N/A	IA	Gestion de la crise de manière globale	Interventions sanitaires vitales surveillance et alerte précoce Recherche prioritaire Santé publique et mesures
The Role of AI in Testing, Tracking and Treatment of Covid-19	Lumb, R et al	2020	N/A	American Journal of Management	Article scientifique	N/A	IA	Gestion de la crise de manière globale	Interventions sanitaires vitales, santé publique et mesures sociales
Chatbots in the fight against the COVID-19 pandemic	Miner, A. et al	2020	N/A	NPI Digit Med	Commentaire	N/A	Chatbot	Gestion de la crise de manière globale	Interventions sanitaires vitales Santé publique et mesures sociales
Artificial intelligence vs COVID-19: limitations, constraints and pitfalls	Naudé, W	2020	N/A	AI Soc	Article scientifique	Cet article vise à fournir une évaluation précoce de l'utilisation de l'IA contre la covid-19	Computer vision Robot Deep learning	Gestion de la crise de manière globale	Interventions sanitaires vitales Surveillance et alerte précoce Recherche prioritaire Santé publique et mesures sociales
Editorial: Infectious Disease Surveillance Using Artificial Intelligence (AI) and its Role in Epidemic and Pandemic Preparedness	Parums, D. et al	2023	N/A	Medical Science Monitor	Éditorial	L'objectif est de faire le point sur les utilisations et les limites de l'IA dans la surveillance des maladies infectieuses et la préparation aux pandémies.	Deep learning	Surveillance des maladies infectieuses.	Surveillance et alerte précoce Recherche prioritaire Interventions sanitaires vitales
Readiness for voice assistants to support healthcare delivery during a health crisis and pandemic	Sezgin, E. et al	2020	N/A	NPI Digit Med	Commentaire	N/A	Agent conversationnel	Utilisation des agents conversationnels pour informer le public et automatiser certaines tâches des médecins durant la crise de la Covid-19	Interventions sanitaires vitales Santé publique et mesures sociales
AI Surveillance during Pandemics: Ethical Implementation Imperatives	Shachar, C et al	2020	N/A	Hastings Center Report	Article scientifique	N/A	IA	Gestion de la crise de manière globale	Santé publique et mesures sociales
Artificial Intelligence and a Pandemic: An Analysis of the Potential Uses and Drawbacks	Williams, C. M. et al	2021	N/A	Journal of Medical systems	Editorial	N/A	IA	Gestion de la crise de manière globale	Interventions sanitaires vitales Surveillance et alerte précoce Recherche prioritaire
Integrating artificial intelligence in bedside care for Covid-19 and future pandemics	Yu, M et al	2021	N/A	BMJ : British Medical Journal	Article d'analyse	N/A	IA	Soins au chevet des patients	Interventions sanitaires vitales

N/A: non applicable (critère non mentionné dans l'article)

Titre	Auteurs	Année	Pays	Journal	Methodologie	Objectif de l'étude	Type IA	Utilisation	Sous-systèmes
Perceptions and concerns of emergency medicine practitioners about artificial intelligence in emergency triage management during the pandemic: a national survey-based study	Ahun, E. et al	2023	Tuquie	Frontiers in Public Health	A national survey-based	Cette étude avait pour objectif d'identifier les questions éthiques et les points de vue des médecins d'urgence turcs sur l'utilisation de l'IA lors du triage des épidémies.	Deep learning	Gestion du triage des patients aux urgences	Interventions sanitaires vitales
Artificial intelligence augmentation of Radiologist Performance in Distinguishing COVID-19 from Pneumonia of Other Etiology on Chest CT	Bai, H. X. et al	2020	Chine / États-Unis	Radiology	Étude rétrospective	Cette étude avait pour objectif de mettre en place et évaluer un système d'intelligence artificielle (IA) pour différencier la COVID-19 et les autres pneumonies et évaluer performance du radiologue sans et avec l'aide de l'IA.	Deep learning	Tomodensitométrie thoracique : Détection du covid-19 sur des radiographies	Interventions sanitaires vitales
Deployment of artificial intelligence for radiographic diagnosis of COVID-19 pneumonia in the emergency department	Carlile, M et al	2020	États-Unis	Journal of the American College of Emergency Physicians Open	Enquête prospective	Récolter les expériences des médecins qui ont utilisé l'outil d'IA pour la détection du Covid-19	Deep learning	Algorithme d'IA pour assister l'interprétation des radiographies thoraciques.	Interventions sanitaires vitales
An objective framework for evaluating unrecognized bias in medical AI models predicting COVID-19 outcomes	Estiri, H. et al	2022	Boston	J Am Med Inform Assoc	Étude d'évaluation rétrospective	Cette étude avait pour objectif de fournir un cadre pour une évaluation objective de l'utilisation de l'IA médicale, selon un modèle de classification binaire.	Machine learning	Modèle prédictif de la maladie du covid-19 (hospitalisation, décès, nécessité de soins intensifs et de ventilation mécanique)	Interventions sanitaires vitales
Implementation of a digital chatbot to screen health system employees during the COVID-19 pandemic	Judson, T. J. et al	2020	Californie	J Am Med Inform Assoc	Étude de cas	Cette étude avait pour objectif d'évaluer le déploiement d'un chatbot développé dans le but de faciliter le dépistage des symptômes des travailleurs d'un hôpital à San Francisco Health. Le dépistage était initialement mis en place par un comptoir à l'entrée de l'hôpital.	Chatbot	Dépistage des travailleurs de santé dans un hôpital	Interventions sanitaires vitales
Leveraging conversational technology to answer common COVID-19 questions.	McKillop, M. et al	2021	Multicentrique	J Am Med Inform Assoc	Étude de cas	L'étude avait pour objectif de décrire le déploiement, l'adoption et l'utilisation d'agent conversationnels pour répondre aux besoins d'informations durant la crise du Covid-19.	Chatbot	Chatbot pour fournir des informations à différentes parties prenantes sur le covid-19	Santé publique et mesures sociales
COVID-19 Vaccine Equity and Access: Case Study for Health Care Chatbots	Perez-Ramos, J. G. et al	2023	États-Unis	JMIR Formative Research	Étude de cas	Cette étude avait pour objectif de suivre un processus de conception inclusif et théorique pour développer et tester un outil de chatbot bilingue nommé « Ana » et évaluer les expériences des utilisateurs de ces technologies innovantes.	Chatbot	Chatbot bilingue pour fournir de l'information sur le Covid-19	Santé publique et mesures sociales

N/A: non applicable (critère non mentionné dans l'article)

Titre	Auteurs	Année	Pays	Journal	Méthodologie	Objectif de l'étude	Type IA	Utilisation	Sous-systèmes
Effectiveness of chatbots on COVID vaccine confidence and acceptance in Thailand, Hong Kong, and Singapore	Lee, K. Y. et al	2023	Thailand	NPJ Digit Med	ERC Multisite	Cette étude avait pour objectif de tester l'efficacité d'un chatbot Covid-19 sur des personnes non vaccinées.	Chatbot	Chatbot pour fournir des informations sur les vaccins	Santé publique et mesures sociales
Chloe for COVID-19: Evolution of an Intelligent Conversational Agent to Address Infodemic Management Needs During the COVID-19 Pandemic.	Siedlikowski, S. et al	2021	Canada	Journal of Medical Internet Research	Étude de cas	L'article a pour objectif de montrer le développement d'un chatbot virtuel pour aider les efforts de santé publique à tenir les Canadiens informés. Ils mettent en évidence les forces, les défis auxquels ils ont été confrontés pendant le processus de développement et les orientations futures pour le rôle des chatbots dans la gestion de l'infodémie.	Chatbot	Gestion de l'infodémie et information de la population	Santé publique et mesures sociales
Nurses' View towards the Use of Robotic during Pandemic COVID-19 in Indonesia: A Qualitative Study	Taryudi, T. et al	2022	Indonésie	Macedonian Journal of Medical Sciences	Étude qualitative	Cette étude avait pour objectif d'explorer la perception des infirmières par rapport à l'utilisation de la robotique durant la pandémie de COVID-19.	Robot	Robot pour l'aide à l'exécution de tâche infirmière	Interventions sanitaires vitales
Primary Care Physicians' and Patients' Perspectives on Equity and Health Security of Infectious Disease Digital Surveillance	Wai Wong, W. C. et al	2023	Chine	Ann Fam Med	Étude qualitative	Cette étude avait pour objectif d'examiner la perception des médecins de soins primaires et les patients par rapport à la surveillance numérique de détection.	IA	Détection numérique des maladies infectieuses (DDS)	Interventions sanitaires vitales
Initial Experience with a COVID-19 Screening Chatbot Before Radiology Appointments	Wang, W. T. et al	2022	Minnesota	J Digit Imaging	Évaluation d'une étude pilote	Cette étude avait pour objectif de déterminer la faisabilité du déploiement d'un chatbot pour le dépistage de la Covid-19 avant leur rendez-vous en radiologie	Chatbot	Dépistage de la Covid-19	Interventions sanitaires vitales
Critical role of information and communication technology in nursing during the COVID-19 pandemic: A qualitative study	Yoo et Lee	2022	Corée du Sud	Journal of nursing management	Étude qualitative	Cet article examine la nécessité de l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans le travail des infirmières pour améliorer la prise en charge des patients durant la pandémie	TIC	Technologies de l'information et de la communication (TIC) : vidéoconférence, robot et dépistage des patients assistés par l'IA	Interventions sanitaires vitales

N/A: non applicable (critère non mentionné dans l'article)

Tableau 3. Thématiques des articles inclus

	Ahun, E. et al (2023)	Anjarita, P. et al (2023)	Arora N et al (2020)	Bai, H. X. et al (2020)	Cartile, M et al (2020)	Cave, S. et al (2021)	Davies, Sara E. (2019)	Debnath, S. et al (2020)	Hu, Y. et al (2020)	Estiri, H. et al (2022)	Judson, T. J. et al (2020)	Lee, K. Y. et al (2023)	Leslie, D et al (2021)	Lin, L et al (2020)	Luengo-Oroz, M et al (2020)	Lumb, Ruth et al (2020)	McKillop, M. et al (2021)	Miner, A. S. et al (2020)	Naudé, W (2020)	Parums, D. V. et al (2023)	Perez-Ramos, J. G. et al (2023)	Sezgin, E. et al (2020)	Siedlikowski, S. et al (2021)	Shachar, C et al (2020)	Taryudi, T. et al (2022)	Wai Wong, W. C. et al (2023)	Wang, W. T. et al (2022)	Williams, C. M. et al (2021)	Yoo et Lee (2022)	Yu, M et al (2021)	Fréquence d'apparition	%
1. Effets attendus positifs	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	23	76,7	
Transversaux		x	x		x									x						x											8	
Gestion de données							x	x								x					x										4	
Prise de décision éclairée		x	x		x		x	x						x																	6	
Interventions sanitaires vitales	x		x	x	x			x		x					x	x		x	x			x			x	x		x	x	15		
Automatisation et optimisation des soins	x		x	x	x			x			x				x	x		x	x			x			x	x		x	x	15		
Soutien émotionnel et social																													x	1		
Santé publique et mesures sociales		x	x				x				x				x	x	x	x	x		x	x	x							12		
Accès amélioré et plus équitable à l'information		x	x				x				x				x	x	x	x	x		x	x	x							12		
Surveillance et alerte précoce		x	x				x								x	x			x	x								x		8		
Détection et contrôle de la propagation du virus		x	x				x								x	x			x	x								x		8		
Recherche prioritaire		x	x				x								x				x									x		6		
Optimiser le processus de recherche		x	x				x								x				x									x		6		
Coordination et opérations d'urgence		x					x								x															3		
Faciliter la coordination internationale		x					x								x															3		
2. Limites et risques	x	x					x	x	x	x		x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	23	76,7
Limites liées aux données							x	x	x	x		x							x	x		x						x	x	11		
Dépendance aux données							x												x	x		x							x	5		
Présence de biais dans les données							x	x	x	x		x							x	x		x						x	x	11		
Limites numériques															x	x					x	x	x		x	x		x	x	9		
Connectivité et logistique														x	x						x	x	x						x	x	7	
Accessibilité numérique														x							x	x			x	x			x	6		
Implications sur la vie privée	x	x					x	x	x					x	x	x			x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	16		
Règlementations et normes éthiques	x	x					x	x											x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	11		
Manque de transparence							x		x																				x	3		
Confidentialité, sécurité et atteinte à la vie privée	x	x					x								x	x	x			x	x	x	x		x	x	x	x	x	14		
Mesures répressives et contrôle social							x												x						x	x				5		
Implications sur la confiance																					x					x	x			4		
Confiance et croyances à l'égard de l'IA																					x					x	x			3		
Augmentation de la méfiance														x																1		
Implications pour le système de santé	x	x					x	x	x	x				x						x	x	x	x		x	x	x	x	x	16		
Recommandations biaisées et/ ou discriminatoires	x	x					x	x	x	x				x						x		x	x					x		11		
Disparités dans l'accès aux soins / informations															x						x					x	x			4		
Dépendance à l'égard de la technologie														x												x	x			4		
Augmentation de la charge de travail																													x	1		

3. Synthèse narrative des résultats :

La synthèse narrative des résultats commence par les effets attendus positifs de l'IA dans le contexte de la préparation et la réponse aux pandémies. Cette partie des résultats est présentée par sous-système de la préparation et réponse aux pandémies de l'OMS, si applicables.

La seconde partie des résultats se concentre quant à elle sur les limites et les risques identifiés dans la littérature. Afin de faciliter la lecture des résultats, les risques et limites sont catégorisés en plus grande thématique et donc regroupés. Ils sont regroupés en 5 catégories : 1) Limites liées aux données. 2) Limites numériques. 3) Implications sur la vie privée. 4) Implications sur la confiance. 5) Implications pour le système de santé.

Au travers de la littérature, deux types de limites sont identifiés:

1. Les limites propres à l'intelligence artificielle : Il s'agit des limites technologiques de l'IA, qui sont présentes, quel que soit le contexte dans lequel l'IA sera implémentée. Ces limites seront identifiées en limites intrinsèques dans la synthèse narrative.
2. Les limites provenant du contexte : Il s'agit des limites découlant du contexte dans lequel l'IA est déployée. Ces limites peuvent varier selon le contexte. Elles sont identifiées en limites extrinsèques dans la synthèse narrative.

1. Les effets attendus positifs :

Dans cette première partie des résultats, les effets attendus positifs sont présentés. Deux effets attendus positifs ont été identifiés comme étant transversaux à tous les sous-systèmes, les autres ont été classés selon le sous-système le plus adéquat.

1.1 Les effets attendus positifs transversaux :

Cette synthèse débute par la présentation des deux effets positifs transversaux. Le premier effet transversal est la capacité **de gestion de données** : selon plusieurs articles, l'IA est dotée d'une capacité de gestion de grandes quantités de données, ce qui serait selon eux un atout majeur en temps de crise, car les informations et les variables à considérer se multiplient rapidement et sont nombreuses (50–53). Ces informations en trop grands nombres et trop diversifiées rendent l'analyse par des professionnels très complexe, l'IA offre donc une grande plus-value dans ce contexte (52,53).

Le second effet transversal qui est ressorti des différents articles est le soutien à **la prise de décision éclairée**. Cet effet positif a été mis en évidence dans plusieurs articles, qui ont identifié que la capacité d'analyse des tendances en temps réel par l'IA a fourni des informations précieuses aux responsables politiques et aux organisations internationales, leur permettant un suivi de la propagation en temps réel, ce qui facilite la prise de décision fondée sur les données probantes pour protéger la santé publique en temps de crise (17,50,54). Un article portant sur la mise en œuvre d'un « pass sanitaire » assistée par l'IA a mis en évidence que ce « pass » a permis de récolter des données précieuses qui ont orienté les prises de décisions des décideurs politiques (55). Trois autres articles portant sur la prise de décision médicale ont souligné que l'outil avait fourni un soutien précieux à cette prise de décision dans un environnement sous tension (17,51,56). Son utilisation permet de baser la prise de décision sur des mesures objectives de risque de mortalité, permettant de soutenir une prise de décision partagée dans des situations défavorables et complexes (17,51).

1.2 Les interventions sanitaires vitales :

L'automatisation et optimisation des soins : Il s'agit de l'effet positif le plus cité dans les différents articles. En effet, il a été cité par 15 articles qui se sont concentrés sur divers moyens d'automatiser et d'optimiser les soins.

Le rôle des robots dans l'automatisation de tâches répétitives a été identifié, au travers de leurs capacités de surveillance à distance des patients, d'administration de médicaments, et d'évaluation des signes vitaux (17,52,57,58). Leurs potentiels dans les tâches logistiques sont aussi identifiés, tels que le nettoyage, la distribution des repas et le transport des patients (17,52,58,59). Les robots utilisés pour la désinfection sont aussi plus performants que les techniques traditionnelles ce qui permet de prévenir les infections (52). Cette automatisation permet d'alléger la charge de travail du personnel soignant, et minimise les contacts directs avec les patients, réduisant ainsi le risque de contamination au virus (17,52,57-59).

De plus, une étude met en évidence le potentiel des assistants virtuels à travers l'encodage des notes de visites lors des consultations médicales. Cette automatisation permet de réduire la charge de travail des médecins (60). Dans une seconde étude portant sur le déploiement d'un chatbot qui effectue les tests de dépistage chez les soignants, ce dépistage automatisé a permis de réduire le temps des soignants aux points de contrôle et les contacts par rapport à un dépistage classique. Ceci réduit donc le risque de contamination et la charge de travail du personnel de dépistage (61).

Plusieurs études ont ciblé le potentiel de l'IA dans le diagnostic de la COVID-19 à partir de l'interprétation d'image de tomographie thoracique² ou de radiographies (17,52,56,58,63,64). Ce soutien à l'interprétation des images a significativement amélioré les performances des radiologues, conduisant à des résultats diagnostiques plus précis (52,56,58,63,64). Ces avancées permettent de réduire la charge de travail des radiologues, en accélérant le processus diagnostique ce qui permet de réduire les coûts associés (63,65).

Le potentiel de l'IA dans le triage des patients aux urgences a également été ciblé par plusieurs articles. L'IA peut hiérarchiser rapidement des patients et effectuer une stratification pronostique plus efficace (17,51,63,65,66). Ce qui permet d'optimiser l'allocation des ressources, tout en réduisant l'exposition des soignants aux virus (17,51,66). Ce triage automatisé permet aussi d'adapter le niveau de soins, permettant une prise en charge optimale, ce qui permet de réduire l'encombrement des hôpitaux (51).

² **Tomodensitométrie :** « La **tomodensitométrie** abrégée **TDM** est un examen d'**imagerie médicale** qui utilise un appareil connu sous le nom scientifique de **tomodensitomètre**. Cet appareil très souvent appelé **scanner** est chargé d'**émettre** les faibles quantités des **rayons X** sur la partie du corps qui doit être analysée. »(62)

L'IA intégrée à la télémédecine permet d'effectuer des consultations et des surveillances à distance pour les patients légèrement symptomatiques. Cela permet, selon plusieurs études, de réduire l'encombrement des hôpitaux et offre un accès aux systèmes de soins de santé pour les populations mal desservies (17,58,67). Elle permet également de réduire la charge de travail et de pallier à la pénurie de main-d'œuvre médicale (68).

Le soutien émotionnel et social : Le potentiel de l'IA pour lutter contre la solitude due aux mesures d'isolement physique des patients a été mis en évidence dans une étude. Les infirmières interrogées ont souligné que les isolements physiques rendent les contacts avec les soignants et les familles plus complexes et moins fréquents. L'IA offre, selon les infirmières interrogées, la possibilité d'installer des programmes de divertissement, ainsi que des technologies facilitant les contacts avec la famille et les soignants, telle que la mise en place de haut-parleurs IA, de lunettes intelligentes, des chatbots et des robots sociaux pour permettre aux patients de communiquer avec leurs proches malgré leur chambre d'isolement, en leur offrant un soutien émotionnel et des contacts sociaux (59).

1.3 La santé publique et les mesures sociales :

L'accès amélioré et plus équitable à l'information : Le rôle des chatbots dans ce domaine est omniprésent. En effet, le déploiement de plusieurs chatbots pour fournir des informations a permis, selon les études, d'une part de fournir des informations fiables à la population et d'autre part de personnaliser l'information selon le public avec qui ils interagissent (58,60,67,69,70). Les chatbots ont un potentiel non négligeable pour atteindre les populations plus difficiles d'accès telles que les populations dans les zones rurales (60). Le déploiement de chatbots multilingues destinés à informer sur la vaccination a aussi permis à certains groupes minoritaires de recevoir des informations dans leurs langues, permettant ainsi une accessibilité plus équitable pour ces groupes (71,72).

Leur déploiement permet également de réduire l'hésitation vaccinale grâce aux informations fournies (54,71). Selon une étude, leur efficacité a amélioré la confiance vaccinale et plus particulièrement pour les publics minoritaires et à faible niveau d'éducation (71). Ils ont également pu montrer leur potentiel à fournir des informations fiables aux décideurs politiques sur les préoccupations des populations concernant les vaccins, ce qui permet d'ajuster les stratégies de santé publique pour mieux répondre à l'hésitation vaccinale au sein de la population (71). Outre sa capacité à fournir des informations, une étude montre que l'IA peut aussi lutter contre les fausses nouvelles en détectant sur l'ensemble des médias sociaux les « fake news » et permettant de les supprimer afin que la population puisse avoir des informations fiables sur les dernières connaissances acquises sur la maladie et son traitement (17,52,58,67).

Selon deux articles la mise en place d'une application de recherche des contacts a elle aussi permis de fournir des informations et des recommandations mises à jour et précises aux populations grâce à la collecte des informations obtenues par ce biais (17,54,63).

L'IA peut aussi contribuer à construire des campagnes d'informations de santé publique, en identifiant les informations pertinentes à transmettre et les canaux de diffusion les plus appropriés pour toucher les populations les plus vulnérables. Cette méthode permet de maximiser la portée des campagnes en situation de crise (50).

1.4 La surveillance et l'alerte précoce :

La détection et le contrôle de la propagation du virus : Selon plusieurs articles, la capacité de collecte de données de l'IA offre la possibilité de prédire l'apparition ou la propagation d'une épidémie, en extrayant des informations au travers de nombreuses sources ce qui permet aux pays de mettre en place des mesures plus rapidement (17,50,53,58,65). Cette surveillance épidémiologique nécessite la mobilisation importante de données provenant de sources multiples, cette surveillance couplée à l'IA est selon un article une approche novatrice pour détecter, surveiller et prédire la propagation de maladies plus rapidement, ce qui facilite la riposte (54).

Plusieurs articles ont documenté le potentiel de l'IA dans la surveillance à distance des populations grâce à un certain nombre d'outils permettant par exemple de détecter la température des individus, le port du masque, le respect de la quarantaine et des distanciations sociales, limitant ainsi la propagation du virus (55,58,63). Deux articles ont mis en évidence que la mise en place d'applications de traçage de contacts et d'autres plateformes de surveillance récoltant des données de diverses sources telles que des billets d'avion ont aussi fait leurs preuves pour mieux contrôler la propagation du virus (54,55).

D'autres modèles détectant des signes vitaux ont été utilisés aux frontières, ces modèles permettent une prédiction plus efficace du risque d'infection des voyageurs. Ces modèles permettent une utilisation plus ciblée des tests de dépistage, une plus-value important quand les ressources en tests sont limitées (53). Dans une autre étude, la mise en place de « pass sanitaire » assistée par l'intelligence artificielle a permis de trier les individus en fonction d'un nombre important de données, leur attribuant un classement « de risque d'infection », ceci permet de mettre en quarantaine les personnes ayant un risque élevé d'infection limitant ainsi la propagation du virus (55). Dans cette même idée durant l'épidémie de grippe, une application appelée « traçage de la grippe » permettait aux individus de signaler leurs symptômes ce qui a facilité la surveillance mondiale de l'épidémie (50).

Ces multiples stratégies de « contrôle social » ont permis selon différents auteurs de limiter la propagation de la COVID-19 dans certaines régions. Elles ont pu aussi limiter l'affluence aux zones de

contrôle, et donc la congestion. Ces pays ont pu limiter la durée du confinement et ont eu une reprise économique plus rapide (55).

1.5 La recherche prioritaire :

Optimiser le processus de recherche : plusieurs articles ont mis en évidence le potentiel de l'IA dans le processus de recherche pharmaceutique. En effet, l'IA permet d'accélérer le processus de recherche et à la possibilité de réaffecter des traitements existants, grâce à sa performance dans la gestion d'une grande quantité de littérature médicale. Un auteur a mis en évidence qu'une initiative qui visait à rendre disponibles environ 44 000 articles scientifiques avait permis à l'IA de faire ses preuves dans le domaine de la recherche. La disponibilité de ces données a permis à l'IA d'explorer une grande quantité de données, permettant au processus de recherche de thérapie d'être plus rapide par rapport à la méthode traditionnelle (63). Cette méthode permet d'accroître l'efficacité de la recherche, réduisant ainsi les coûts (17,50,58,63,65). Ce processus permet d'obtenir une validation des médicaments beaucoup plus rapide que la méthode traditionnelle (17).

L'IA peut aussi rationaliser la production des traitements, gérer la chaîne d'approvisionnement et les canaux de distribution. L'objectif ici est d'optimiser le développement de ces thérapies (50,54).

1.6 Coordination et opérations d'urgence :

Faciliter la coordination internationale : selon plusieurs articles, de nombreuses organisations internationales ont pu mettre en évidence d'importantes inégalités en ce qui concerne l'accès aux vaccins entre pays (54). Les causes de ces disparités sont multiples ; dont l'une d'entre elles est la distribution inégale des vaccins. Pour les auteurs, la surveillance épidémiologique soutenue par l'IA peut optimiser cette allocation de vaccin au travers d'une collecte de données sur plan géographique et démographique permettant ainsi une distribution équitable des vaccins lorsque les ressources sont limitées (50,54). Les vaccins pourraient alors être acheminés vers les zones les plus touchées et à haut risque (50). L'IA permet aussi de favoriser le partage de connaissance entre différents pays, ce qui facilite la lutte contre les virus, en se basant sur l'exemple de la plateforme «epidemic intelligence from open sources » qui permet une détection et une évaluation précoce du risque de menace grâce aux partages de données entre pays (58). Cela favorise la prise de décision coordonnée au niveau mondial (58).

2. Limites et risques :

2.1 *Les limites liées aux données :*

La dépendance aux données : Il s'agit d'une limite intrinsèque qui a été identifiée dans cinq articles. Selon les articles qui la mentionnent, le fonctionnement optimal de l'IA dépend de la disponibilité de données suffisantes et de haute qualité (53,63,69,73,74). Cette dépendance soulève de grands questionnements autour de l'accès à des données confidentielles. Ceci soulève beaucoup d'interrogations concernant la confidentialité et la vie privée, ainsi que la protection de ces données (53,63,73). Cet aspect sera développé plus amplement dans la catégorie « implications sur la vie privée ». Deux articles ont mis en évidence que cette limite compromettrait l'efficacité de l'IA, mais aussi sa possibilité d'être généralisable (63,74), notamment en ce qui concerne la prédiction et le suivi de la propagation des maladies infectieuses. Jusqu'à présent, l'IA n'aurait pas pu être utile dans ce domaine en raison de sa nécessité de s'entraîner sur des données spécifiques et de haute qualité pour chaque maladie (63,74).

Ce faisant, cette première limite nous amène vers une seconde limite, **la présence de biais dans les données** : cette limite est quant à elle extrinsèque à l'IA et est donc dépendante du contexte. Elle a été largement documentée au travers des articles, elle est particulièrement problématique compte tenu de la dépendance aux données de l'IA. Cette limite est majorée en période de pandémie ou d'épidémie, en raison de l'évolution rapide de la situation entraînant inévitablement des biais dans les données (50,53,63,69,73–76). En effet, dans ce contexte l'évolution rapide de variables telles que la vaccination et les nouveaux variants influencent les caractéristiques démographiques et la présentation des maladies (53). Cela implique donc un recalibrage continu de l'outil afin qu'il garde son efficacité tout au long de la crise (53,69). La nature et l'évolution des épidémies, ainsi que les réactions des populations touchées, rendent les données plus fragmentées (50).

Pour illustration, une étude a mis en évidence que les changements de situation rapide tels que les mutations des virus, la généralisation de la vaccination contre la COVID-19, ainsi que l'introduction de nouvelles thérapies, tels que la Dexaméthasone® et le Remdesivir® ont rendu les données très vite obsolètes et donc biaisées (76). L'origine de ces biais provient également d'autres sources. Selon deux études, le patient lui-même, ses caractéristiques démographiques et la qualité des données encodées pour ce patient seraient aussi responsables, rendant les données souvent peu représentatives de la population générale (51,77).

De manière similaire, une autre étude, portant cette fois sur un chatbot destiné à lutter contre les infodémies a rencontré la même problématique de données en constante évolution et de plus en plus vaste, complexifiant fortement son utilisation (69).

Par ailleurs, l'absence de données en suffisance est aussi documentée. Les modèles prédictifs utilisés pour détecter les épidémies se heurtent à cette problématique, ce qui compromet grandement leur efficacité (63). Le même constat a été fait pour le diagnostic de pneumonie liée à la COVID-19 sur base de radiographie ou de tomodensitométrie. La base de données des radiographies est considérée par un auteur comme étant encore trop insuffisante pour obtenir un résultat diagnostique fiable et généralisable pour toutes les populations (63).

Selon un chercheur, la qualité et quantité des données disponibles n'a jusqu'à présent pas permis à ces modèles d'obtenir une efficacité en situation réelle. En effet, la nature différente de chaque maladie et l'évolution de la même maladie rendent la disponibilité des informations disparates impliquant que le potentiel de l'IA pourrait grandement varier pour chaque épidémie (63).

Au-delà du manque de données ou des données biaisées, une autre problématique se pose en temps de pandémie, c'est ce qui a été appelé par une étude comme étant le « bruit », celui-ci est généré par l'excès de circulation d'informations provenant de diverses sources telles que les médias sociaux et les articles scientifiques (63).

La dernière problématique soulevée est la présence de « discrimination » au sein même des données sur lesquelles l'IA s'alimente. Les données disponibles sont elles-mêmes entachées par des préjugés implicites (50,51,65,74,77). Ces préjugés raciaux sont intégrés de manière involontaire dans les algorithmes d'IA entraînant le risque d'accroître les inégalités (50,74). Ces discriminations proviennent également, selon deux auteurs, du fait que les données disponibles reflètent la disparité d'accès aux soins existante au sein même du système de santé. Ce qui implique que l'IA est entraînée sur des données qui ne représentent pas l'ensemble de la population (50,51,77).

2.2 Les limites numériques :

La connectivité et la logistique : il s'agit d'une limite intrinsèque documentée par plusieurs articles. L'IA nécessite un accès à un réseau Internet de qualité, ce qui est problématique dans certains contextes (60,72,77). Une autre limite importante est la nécessité de la mise en place d'infrastructures informatiques au sein du système de santé afin de pouvoir échanger et collecter les renseignements de santé et autres données (58,60,74).

L'utilisation de l'IA nécessite également du personnel qualifié. Comme le souligne une étude portant sur l'intégration de l'IA dans les soins, les infirmières se questionnent sur la gestion de la technologie au quotidien qui nécessite du personnel qualifié. Celles-ci s'interrogeaient sur la disponibilité de ce personnel en cas de dysfonctionnement en dehors des heures de travail classiques. Elles s'inquiètent aussi quant à la logistique de ces appareils (nettoyage et maintenance), ce qui engendre un fardeau supplémentaire et soulève la question des coûts qu'occasionne une telle logistique (59).

Par ailleurs, une étude portant sur le déploiement d'un chatbot a soulevé le même enjeu de la nécessité de personnel qualifié. En effet, l'évolution rapide des lignes directrices durant la pandémie, a nécessité un réajustement constant, ainsi qu'une surveillance accrue par une équipe multidisciplinaire afin de s'assurer que les informations exactes soient transmises (69).

Se faisant une seconde limite est ciblée, il s'agit de **l'accessibilité numérique**, c'est une limite extrinsèque qui est largement mise en avant par différents articles. Deux problématiques sont ciblées comme responsable de cette limite.

La littératie numérique est ciblée comme une limite majeure à l'utilisation de l'intelligence artificielle dans différents articles. Il s'agit d'une limite qui concerne à la fois le travail des soignants et la population. Une étude a mis en évidence que la mise en place de l'IA en milieu hospitalier nécessite des soignants qu'ils améliorent leur culture numérique et leurs compétences en matière de technologie. Cette étape est considérée comme indispensable pour le bon fonctionnement de l'outil et pour permettre l'adaptation de leur travail avec ces nouvelles technologies (57). Une autre étude met en évidence les problèmes rencontrés par les groupes de population plus vulnérables, tels que par exemple les personnes âgées. Celles-ci rencontrent des difficultés avec l'utilisation de ce type de technologie; cela a été démontré par cette étude réalisée lors de la mise en place d'un pass sanitaire nécessitant l'utilisation de téléphones intelligents afin de pouvoir scanner des QR codes (68). Cette limite est majorée durant une pandémie, car les populations les plus touchées par le virus et nécessitantes des soins sont majoritairement les personnes âgées (59).

L'accès à la technologie : Certains auteurs ont mis en évidence qu'il existe encore une portion non négligeable de personnes n'ayant pas accès à un réseau ou à un téléphone. Ce public ne peut donc pas bénéficier des soins liés à ce type de technologie. Les études ont ciblé en particulier deux types de populations qui rencontrent le plus de difficultés. Il s'agit des personnes marginalisées et des personnes vivant en milieu rural (60,72,77).

2.3 Implications sur la vie privée :

Les réglementations et normes éthiques : Il s'agit d'une limite identifiée comme extrinsèque. Elle a été largement documentée au sein des articles. Le premier axe abordé dans plusieurs articles est le manque ou l'absence de réglementation claire au sein des pays quant à la sécurité des données de santé et l'encadrement de l'intelligence artificielle (53,63,65,68). Plusieurs auteurs mettent en évidence la nécessité de prendre des mesures afin de préserver les données d'un accès frauduleux (63,65). Plusieurs articles suggèrent que la mise en place de réglementation pour encadrer l'intelligence est primordiale pour lutter contre les risques et maintenir la confiance du public et protéger leurs données (53,54,78). Un article propose la mise en œuvre d'un cadre universelle supervisée par l'OMS, ainsi que

la nécessité de mettre en place une équipe nationale de lutte contre la protection de la vie privée et la prévention des cyberattaques (68). Un autre article lui met en évidence la nécessité de protéger ces données au-delà des réglementations, en ciblant l'importance de questionner les normes éthiques afin d'avoir un déploiement de l'IA qui protège les patients (74).

Une étude a identifié deux réglementations existantes pour la protection des données, une au sein de l'Union européenne, le règlement général sur la protection des données (RGPD) et l'autre en Californie, il s'agit de la loi californienne sur la protection de la vie privée des consommateurs (78). Ces études ont mis en évidence que durant la crise de la COVID-19, les réglementations en matière de protection de données ont été assouplies pour des motifs d'intérêt général, rendant l'utilisation sans consentement de ces données (60,78). Les normes et réglementations encadrant l'utilisation et l'application de l'IA sont encore floues peuvent entraîner entre autres des abus ou des atteintes à la vie privée (50).

Un second axe de cette limite est la question de la responsabilité en cas d'erreur. Celle-ci n'est actuellement pas définie par une réglementation (65,66,73). Il existe un manque de consensus quant à qui sera tenu responsable en cas d'erreur lors de l'utilisation de l'IA. Une étude montre l'ambivalence dans les réponses à cette question. Certains considèrent qu'il s'agit du médecin, d'autres vont considérer que c'est le fabricant et pour d'autres encore les deux doivent être tenus responsables (66). Ce manque de consensus est rendu encore plus difficile à cause du manque de transparence des algorithmes d'IA. En effet, pour attribuer la responsabilité au développeur du logiciel, il est nécessaire de prouver que l'erreur provient d'un dysfonctionnement de l'outil, ce qui est une exigence complexe en raison de cette limite (65). Parmi les possibilités évoquées en termes de responsabilité, l'attribution d'une personnalité juridique de l'IA est aussi envisagée dans un article, que qui implique que chaque outil soit doté d'une assurance responsabilité civile (65).

Les questions liées à l'encadrement de l'IA sont largement complexifiées par ce qu'on nomme « **le manque de transparence** » (65,73,75). Il s'agit d'une limite intrinsèque qui est peu explorée par les différents articles. Cette limite résulte de la complexité à interpréter les algorithmes d'IA et à les expliquer. Ces difficultés proviennent de son potentiel à apprendre de manière autonome (65,73). L'exemple exposé dans un article est « les réseaux de neurones artificiels » (ANN). Ils utilisent un processus similaire au fonctionnement du cerveau humain. Contrairement à un algorithme programmé par l'humain celui-ci va développer ses propres règles en tirant parti des relations entre les différentes variables. Ce processus rend son interprétation très complexe et complique les débats sur les questions de responsabilité et de réglementation (65).

Ce faisant, la question des risques est soulevée pour la **confidentialité, la sécurité et l'atteinte à la vie privée**. Il s'agit du risque le plus largement décrit dans la littérature. Plusieurs études ont soulevé que

la protection des données personnelles est un problème majeur dans l'utilisation de l'IA. Ces études montrent que l'IA peut collecter et analyser un nombre important de données sensibles ce qui nécessite un stockage et une protection adéquate de celle-ci (52–54,58,60,73,78). Deux articles ciblent la problématique du stockage des données par les modèles d'IA, ce qui soulève des inquiétudes que ces données soient piratées et diffusées illégalement, entraînant une violation de la vie privée (55,65). Le questionnement quant aux partages des données entre pays ou institution afin que l'IA maintienne une bonne performance est aussi soulevé. Ce partage impact directement la vie privée et la confidentialité des données (59,65,74).

Une étude portant sur les perceptions liées à l'utilisation de l'IA met néanmoins en évidence des avis ambivalents sur la collecte d'informations personnelles. En effet, dans cette étude certains considéraient cette collecte comme une violation de la vie privée des utilisateurs, quand d'autres estiment que dans des situations telles qu'une pandémie cette considération pourrait être négligée (66).

Plusieurs auteurs ont mis en avant que les mesures de protection des données avaient été assouplies durant la crise de la COVID-19 en mettant en avant la notion d'intérêt général (60,63,78). Cet assouplissement des règles pose question. Selon un auteur, il est à craindre que les préoccupations en matière de santé publique ne l'emportent sur celles de la confidentialité des données, ce qui risque d'entraîner des dérives de la part des gouvernements qui continuent à surveiller leurs populations alors que la pandémie est finie, rendant l'érosion de la confidentialité des données justifiées (63).

Dans une étude portant sur la surveillance numérique de détection, cette surveillance mise en place dans des petites villes a soulevé selon certains médecins des préoccupations quant à la confidentialité, craignant que certains patients puissent être identifiés (68). Certains médecins ont même fait face à de la discrimination de la part leur communauté pour avoir été en contact avec des patients COVID-19 (68). Dans un article se concentrant sur l'Asie de l'Est, le gouvernement a diffusé des informations détaillées sur la localisation des personnes infectées grâce aux données obtenues via le « pass sanitaire » reliées à l'intelligence artificielle, ce qui porte atteinte à la vie privée de sa population (55).

Un deuxième risque identifié qui est étroitement lié à l'atteinte à la vie privée est le risque **de mesures répressives et de contrôle social** : cinq articles ont mis en évidence ce risque. Un auteur a mis en lumière que le déploiement d'outils permettant la surveillance sociale pose de nombreuses questions. Notamment concernant le traçage des contacts et la mise en place de l'imagerie thermique dans les espaces publics. L'emploi de ces technologies vise à faire appliquer les mesures de distanciation sociale et de confinement. Ces technologies sont parfois munies d'une reconnaissance faciale qui est utilisée pour faire un rappel à l'ordre en cas de non-respect des règles (63). Un second article traitant de

l'utilisation de l'IA en Asie de l'Est a ciblé l'obligation de port de bracelet électronique pour tous les voyageurs dans le but de contrôler le respect de la quarantaine (55). Selon cet article la non-adhésion aux règles entraînait une peine de prison et/ou une lourde amende (55). Soulevant la question de l'atteinte à la vie privée et de la violation des droits (50,68,78). Mettant en avant le risque que l'IA puisse légitimer le contrôle politique (50).

2.4 Implications sur la confiance :

Confiance et croyances à l'égard de l'intelligence artificielle : cette limite a été soulevée dans plusieurs études. Une des études abordant cette limite visait à recueillir les points de vues des infirmières sur l'utilisation des robots en soutien à leurs tâches quotidiennes. Cette étude a mis en évidence la méfiance des soignants face à ces technologies et les différentes raisons qui engendrent cette méfiance. Il y a par exemple la crainte que les robots prennent leur travail à l'avenir, l'appréhension que l'utilisation des robots puisse entraîner une diminution de leurs propres compétences, mais aussi le sentiment que les patients pourraient préférer les soins dispensés par des robots (57). Cette méfiance est aussi mise en évidence au sein de la population, les raisons évoquées par l'étude sont les perceptions négatives véhiculées par la société à l'égard de ces robots (57). Selon une autre étude, la méfiance a engendré la remise en doute des informations fournies par un chatbot d'information (72). La variabilité de la méfiance selon les populations est ciblée par une étude, celle-ci met en évidence que certains groupes vulnérables tels que des minorités ethniques ou sexuelles sont plus enclins à être méfiants quant à ces technologies, les raisons évoquées sont la crainte que leur identité soit révélée ou la honte (68). Dans cette même étude, les médecins interrogés sur la mise en place de l'IA dans les soins de santé primaire craignaient que cela entraîne une dégradation de la relation de confiance avec leur patient et impacts leur autonomie dans la prise de décision (68). Les patients quant à eux craignaient que les médecins perdent en qualification à cause de cet outil (68).

Augmentation de la méfiance : un seul un article a mentionné cette problématique du concept dit du « retour de flamme ». L'article avait pour objectif de tester l'efficacité d'un chatbot pour lutter contre l'hésitation vaccinale. Les auteurs ont pu mettre en évidence qu'au-delà des bénéfices, une problématique importante était ressortie. En effet, l'utilisation du chatbot a eu l'effet pervers pour certains publics d'augmenter leur méfiance à l'égard des vaccins. Ce constat s'est particulièrement remarqué chez les personnes avec un niveau d'éducation plus élevé (71).

2.5 Implications pour le système de santé :

Le risque de recommandations biaisées et/ou discriminatoires : plusieurs études ont soulevé le constat inquiétant du risque que l'IA génère des résultats biaisés.

Les études montrent que ces erreurs résultent de prédicteurs importants qui n'étaient pas disponibles ou biaisés entraînant des prédictions erronées ou des manquements (53,54,75,76). Une étude a pu mettre en évidence des erreurs dans les signaux d'alarme, ce qui a eu pour effet d'entraîner de fausses alertes ou une incapacité à détecter des signaux épidémiologiques importants. Il s'agit d'un problème majeur qui provient du manque de précision de l'IA dans un contexte dans lequel les données sont biaisées ou manquantes (53). Ce même type d'erreur a été détecté dans une seconde étude, mais dans celle-ci les erreurs ciblaient certains groupes de population. L'outil d'IA destiné à prédire l'issue de l'état de santé des patients atteints de la COVID-19 (hospitalisation, admission aux soins intensifs ...) a en effet obtenu des résultats moins bons pour certains groupes de population tels que les patients âgés et les patients masculins (76).

Plusieurs études ont mis en avant le risque que l'IA exacerbe des préjugés ou des biais présents dans ses données d'entraînement, ce qui rend ses recommandations non généralisables pour une partie de la population. Ces préjugés peuvent donc renforcer les inégalités au sein du système de santé (50,51,53,54,65,66,77).

Une autre étude apporte les raisons de ce risque de recommandations biaisées, pour eux de tels résultats biaisés sont engendrés d'une part par les biais de données, mais pas uniquement, ils peuvent aussi être favorisés par un processus accéléré de développement d'un modèle dans une situation de crise sanitaire où la recherche de solution rapide et innovante est exigée (51).

Dans une étude portant sur le déploiement d'un chatbot d'information, des biais dans les informations fournies par celui-ci ont été mis en évidence. Pour l'auteur cette problématique trouve sa source de manière identique aux problèmes de résultats biaisés. Les auteurs estiment que l'évolution rapide dans un contexte de crise sanitaire exacerbait ce risque (60,69).

Un deuxième risque identifié est l'augmentation des **disparités dans l'accès aux soins et aux informations**, les causes avancées par les auteurs sont multiples. Dans plusieurs études, la fracture numérique est ciblée comme problématique. Ces études mettent en évidence que certains groupes tels que les personnes âgées et les populations marginalisées n'ont pas une littératie numérique suffisante et/ou un accès suffisant aux technologies, ce qui ne leur permet pas de bénéficier d'un accès à certains soins fournis par l'IA (68,77). Un article insiste sur le fait que la fracture numérique est un élément majeur au vu de l'existence d'un fossé d'accès aux soins numérique qui touche plus

particulièrement certains groupes marginalisés et ruraux. Selon cet article, cela entrave particulièrement l'éducation en santé publique (72).

La barrière linguistique, induite par le manque de diversité linguistique des chatbots est présentée comme un frein à l'accès aux informations pour toutes les populations (72,79). Une étude a pu mettre en évidence un taux de réponse différent selon la préférence linguistique des utilisateurs, les patients ayant une préférence pour la langue anglaise écrite avaient 2,7 fois plus de chances de répondre aux dépistages (79). Une seconde étude insiste sur le fait que cette barrière linguistique engendrée par le déploiement des chatbots d'informations peut entraîner de grandes disparités d'accès (72). Les deux études insistent sur l'importance d'envisager d'autres langues de groupes minoritaires dans le développement des chatbots, en ciblant particulièrement les personnes sourdes et migrantes. (72,79)

Une étude a mis en évidence que la méfiance quant à l'utilisation de la technologie ou à ses conséquences. Cette méfiance a entraîné une non-adhésion aux outils pour certains groupes tels que des minorités ethniques ou de genre (68). De manière similaire, dans la même étude la peur d'une mise en quarantaine forcée a rendu certains patients symptomatiques réticents à se rendre à l'hôpital et donc à se faire soigner (68).

Le troisième risque identifié est la **dépendance à l'égard de la technologie** : tout comme le précédent risque, il a été identifié par quatre articles. L'un d'entre eux cible le risque que cette dépendance excessive entraîne de graves problèmes pour les patients en cas de dysfonctionnement de l'outil, compromettant de ce fait les soins (59). Selon certains auteurs, la population et même les soignants craignent que l'IA puisse compromettre leurs compétences (57,68). Selon un autre article, certains médecins pourraient trop s'appuyer sur l'aide à la décision assistée par l'IA en prenant les recommandations pour argent comptant ce malgré que l'outil est défectueux (77).

Le quatrième risque identifié est l'**augmentation de la charge de travail** : seul un article mentionne ce risque. Cet article porte sur une recherche qualitative sur les perceptions des infirmières sur l'utilisation de l'IA dans les soins. Il a mis en évidence la crainte que l'entretien et la maintenance des appareils d'IA nécessitent une gestion logistique trop importante. Cette logistique étant majoritairement gérée par le personnel infirmier pourrait entraîner selon les infirmières interrogées une charge de travail supplémentaire, et donc complexifier leur tâche quotidienne (59). Les infirmières ont aussi soulevé des inquiétudes quant aux dysfonctionnements qui complexifient le flux de travail des soignants (59).

Discussion :

L'objectif de notre revue exploratoire était d'identifier et d'examiner les effets attendus positifs de l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la préparation et réponse aux pandémies, ainsi que les risques et limites. Cet examen a permis de mettre en lumière de nombreux concepts et interactions.

1. Présentation du cadre conceptuel :

Au travers des résultats, un cadre conceptuel a été développé dont l'objectif est d'offrir une vue d'ensemble des effets attendus positifs, des limites et des risques. Tout en identifiant les différentes interactions à l'origine de la survenue des risques, dans le but de pouvoir ouvrir des pistes de solutions pour lutter contre ces différents risques. Ce cadre tente d'offrir une vue d'ensemble des résultats et des interactions identifier dans le contexte de la préparation et réponse aux pandémies. Il est possible que certains concepts ou interactions n'aient pas été mis en lumière au travers des résultats. Par conséquent, ce cadre ne constitue donc pas une liste exhaustive.

La nature complexe des interactions entre l'intelligence artificielle et la préparation et réponse aux pandémies rend sa conceptualisation tout aussi complexe. Certains aspects sont simplifiés afin de rendre ce cadre plus accessible et utilisable. Il est à noter que cette simplification permet de comprendre les grandes dynamiques, mais laissera des « zones d'ombres » qui résultent de la complexité des interactions avec le contexte dans lequel l'IA sera déployée.

La description de ce cadre conceptuel débute en soulignant que ces limites, risques et effets attendus positifs s'insèrent dans un contexte particulier, lequel va jouer un rôle déterminant dans la manifestation de ces effets. Le mot contexte est exposé dans son sens large en englobant la population, le système, la pandémie ou épidémie et bien d'autres éléments influençant les dynamiques.

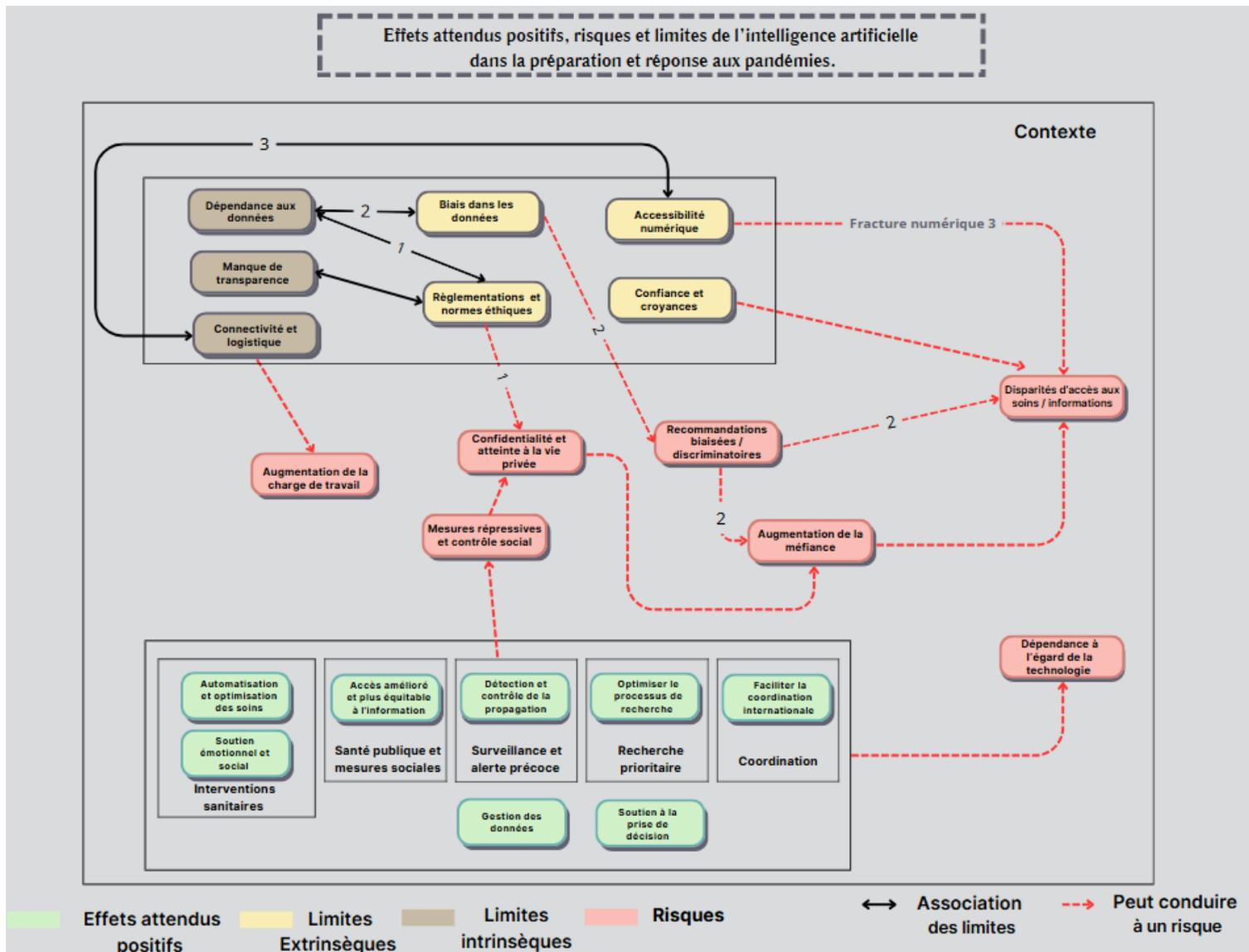


Figure 5. Cadre conceptuel des résultats

Deux familles de limites sont identifiées celles nommées d'intrinsèque à l'IA, qui sont des limites directement liées à la technologie et celles nommées d'extrinsèques qui varient selon le contexte dans lequel l'IA est déployée. Ces différentes limites peuvent potentiellement conduire à la survenue d'un risque en agissant isolément ou en association.

1) **La dépendance aux données** de l'IA soulève des questionnements quant à l'accès à des données autrefois confidentielles et entraîne **le risque d'atteinte à la vie privée**. Celui-ci est d'autant plus majoré par la deuxième limite extrinsèque, qui est **le manque de réglementation** encadrant ces technologies, rendant urgent la mise en place d'une réglementation claire afin de protéger la vie privée de la population. 2) Cette dépendance aux données questionne aussi quant au fait que **les données insérées sont potentiellement biaisées, insuffisantes ou discriminatoires**, il s'agit là de la première limite extrinsèque, cette limite compromet grandement l'efficacité et l'équité de l'IA entraînant un risque accru **de recommandations biaisées** avec toutes les implications que cela peut avoir sur la qualité des soins. Entraînant ainsi l'augmentation de la méfiance de la population, et renforçant **les disparités au sein du système de santé**.

Le manque de transparence des algorithmes est une deuxième limite intrinsèque soulevant de nombreux questionnements et complexifiant la mise en place d'une réglementation claire. Comme mis en évidence dans les résultats le questionnement majeur que cela pose est : « qui sera tenu responsable en cas d'erreur de l'IA ? ». À l'heure d'aujourd'hui aucune réponse claire n'est fournie par les réglementations.

3) La troisième limite intrinsèque est la nécessité d'une **connectivité et de la mise en place d'infrastructure** amenant à se demander si les pays et institutions sont dotés de telles infrastructures. La logistique importante de l'outil amène aux risques d'entraîner **une augmentation significative de la charge de travail** du personnel soignant utilisant ces technologies. Cette limite conduit également à ce questionner sur **l'accessibilité numérique** des populations. Les résultats ont en effet mis en évidence plusieurs aspects de cette accessibilité tels que la littératie numérique des populations et des travailleurs, ainsi que l'accès à Internet et aux technologies. Cette limite d'accessibilité numérique si elle n'est pas comblée va entraîner **une disparité d'accès au système** au travers de la fracture numérique.

Une autre limite importante à prendre en compte est **le manque de confiance et les croyances** des individus envers ces technologies. Les populations les plus vulnérables ont tendance à se montrer plus méfiantes envers celles-ci, pouvant entraîner une sous-utilisation et renforcer **les disparités d'accès aux systèmes de santé**.

Au travers des résultats, deux risques provenant des effets attendus positifs ont été identifiés, le premier étant **la dépendance excessive** à l'égard de la technologie découlant de ses effets positifs, cette dépendance peut avoir des implications majeures sur les compétences des soignants.

Durant la gestion de la crise de la COVID-19, un deuxième risque a émergé provenant de la capacité de l'IA à **détecter et contrôler la propagation** du virus. Cette opportunité offerte par l'IA a entraîné des dérives dans certains pays, venant à utiliser les données pour **surveiller et réprimer leur population**. Cette situation rend la population plus méfiante, entraînant parfois une non-adhésion aux soins, ce qui augmente **les disparités d'accès aux systèmes de santé**. Il est évident qu'au plus l'IA sera utilisée, au plus les risques augmenteront, ce qui nécessite de les cibler et de comprendre les interactions à l'origine de leur survenue, dans l'objectif de pouvoir les limiter.

2. Discussion des résultats :

Compte tenu des éléments ressortis de la description du cadre conceptuel, la discussion sera poursuivie selon cinq axes : 1) Entre vie privée et lutte contre les pandémies. 2) Qui sera tenu pour responsable ? 3) L'intelligence artificielle entre deux paradigmes. 4) L'IA catalyseur ou inhibiteur des inégalités en temps de pandémie. 5) Soutenabilité de l'IA : un mythe ou une réalité ?

2.1 Entre vie privée et lutte contre les pandémies :

Une phrase forte ressortie des lectures est *« l'IA devrait être guidée non pas par la question de savoir si l'IA peut accomplir la tâche, mais par celle de savoir si son utilisation améliorerait les droits de l'homme des personnes concernées »* (80).

En effet, les résultats ont mis en évidence de nombreuses inquiétudes quant à l'atteinte à la vie privée liée à l'utilisation de l'IA dans le contexte des pandémies, particulièrement lors de la crise de la COVID-19. Ces inquiétudes sont majorées par le manque de réglementation actuel encadrant l'IA.

Le potentiel de l'IA à récolter une grande quantité de données a mis en évidence de nombreuses préoccupations et dérives. Cette disponibilité accrue de nouvelles données met en avant le risque que cela permette un accès plus aisé aux informations de santé par des organismes d'assurances, ou des entreprises privées avec toutes les conséquences que cela peut avoir, telles que leur usage inapproprié en augmentant par exemple les primes d'assurance pour certains patients (65). Une autre problématique se pose, ces dernières années, de nombreux hôpitaux et administrations publiques ont été victimes de cyberattaque. En février 2024, c'est le système de facturation et de paiement aux États-Unis qui a été ciblé. Cette attaque a perturbé fortement le système de santé et limité l'accès aux soins et aux médicaments, ce qui a mis en péril la sécurité des patients. Ces incidents soulignent la vulnérabilité des logiciels informatisés du système de santé, encore trop peu protégés, les rendant des

cibles de choix. Il est crucial d'investir davantage dans la cybersécurité pour garantir la sécurité des populations (81). Cette protection des logiciels devient encore plus urgente, du fait que l'IA est utilisée par des cybercriminels pour rendre leurs attaques plus sophistiquées et difficiles à contrer (82). Si l'IA peut aider pour des cyberattaques, il est fort à penser qu'elle pourrait servir aussi à protéger les logiciels, cela reste une piste à explorer.

Ces risques et les dérives durant la crise de la COVID-19 soulèvent de nombreux questionnements éthiques. Un compromis doit-il être recherché entre efficacité de l'IA et protection de la vie privée dans la lutte contre les pandémies ?

Nous souhaitons spécifier que nous ne tenons pas à blâmer ce qui a été fait durant la pandémie de COVID-19, les mesures ont dû être prises rapidement, ne permettant pas une prise de recul suffisante face aux risques de l'utilisation de l'IA. L'IA était dans le même temps en pleine émergence, ne permettant pas d'avoir un recul sur ces effets. Mais aujourd'hui, en sortie de crise, il reste néanmoins important que ces questions soient posées afin qu'un cadre réglementaire soit établi et respecté en cas de prochaine pandémie. L'établissement de ce cadre est nécessaire pour encadrer l'IA de manière générale, mais aussi pour spécifier ce qui peut ou ne pas être assoupli par motif d'intérêt général.

Comme spécifié dans l'introduction, l'Union européenne est considérée comme pionnière depuis 2016 dans la protection des données au travers du règlement RGPD (37). Cette réglementation européenne est complétée par une loi plus spécifique à l'intelligence artificielle, il s'agit de la première loi globale sur l'IA, visant à établir de premières règles contraignantes (39). Cette législation reste encore néanmoins à ces prémices et doit être encore complétée au vu de l'évolution rapide de l'intelligence artificielle (39). Une autre loi encadrant l'IA existe cette fois-ci en Californie, il s'agit de la loi californienne sur la protection de la vie privée des consommateurs (CPPA) (78). Il ne s'agit pas des seules lois existantes, mais la limitation sera faite à celles-ci. Lors de la crise de la COVID-19, Le RGPD et La CPPA ont été assouplis pour des motifs d'intérêt général, rendant possible l'utilisation des données sans consentement préalable (60,78). Les normes et les réglementations encadrant l'utilisation et l'application de l'IA sont floues cela pourrait entraîner des abus ou des atteintes à la vie privée (50).

La pandémie de la COVID-19 a nécessité la mise en place de mesures extraordinaires compte tenu de l'urgence de la situation. Ces mesures ont limité voire entravé la vie sociale et la liberté de choix des populations (83). Ces restrictions ont fait l'objet de nombreuses revendications, souvent considérées comme une violation des droits de l'homme (83). Il est évident que plus le virus est considéré comme une menace pour la sécurité, plus les approches fondées sur les droits de l'homme en matière de traitement des populations risquent d'être reléguées au second plan au profit de la protection de l'État

(50). Mais est-ce que les mesures prises par les États, et surtout l'utilisation de l'IA, enfreignent les droits de l'homme ? Pour qu'une violation des droits de l'homme soit établie, il faut prouver que les restrictions étaient disproportionnées et injustifiées (83).

Durant la pandémie, l'IA a été utilisée à des fins de contrôle social, notamment au travers du traçage des contacts et de l'installation de caméras thermique dans les lieux publics. Ces technologies, incluant parfois la reconnaissance faciale, ont été utilisées pour faire un rappel à l'ordre ou sanctionner les infractions en cas de non-respect des mesures restrictives (63). Ces utilisations augmentent les tensions entre la santé publique et la protection des droits individuels. L'IA ne devant pas devenir un moyen légitimer le contrôle politique (50).

Les résultats montrent que l'IA a été plus largement déployée en Asie et en Amérique, l'exposition aux risques quant à l'atteinte à la vie privée et le contrôle social a donc été plus largement documenté dans ces deux contextes. Il reste à se demander s'il existe des différences entre les pays quant à ces risques. La survenue de ces risques s'insère dans un contexte spécifique, la population, le contexte politique et les réglementations sont des facteurs qui peuvent influencer leur apparition. C'est pour l'une de ces raisons spécifiques qu'il avait été décidé d'entreprendre une revue sans délimitation de frontière, car cela a permis de mettre en lumière des risques qui ne l'auraient pas été si la zone avait été restreinte. Certains états semblent plus enclins à accepter un plus grand contrôle de leur gouvernement tandis que d'autres régions se montrent plus résistantes (84). Par exemple, en Chine, la surveillance pilotée par l'IA ou sous d'autres formes suscite moins de controverses, cette surveillance semble être un compromis acceptable pour la sécurité (84). Ces différences entre régions ne permettent pas de développer un cadre commun de réglementation.

Tout comme la science ne peut pas permettre des réponses universelles, la nature complexe de la question ne permet pas une prise de décision universelle (85). Celle-ci doit être dictée par les normes sociales et éthiques propres à chaque pays, mais aussi être revue lorsque la situation change. Il est normal que les politiques soient adaptées lorsque l'intérêt commun est en jeu, mais il faut veiller à ce que cette adaptation ne soit pas disproportionnée et injustifiée (83).

En outre deux méthodes de l'IA permettent aussi de mieux protéger les données, il s'agit de l'apprentissage fédéré³, qui garantit que les données des populations restent dans leur propre appareil, ce qui évite la centralisation de celles-ci. Et est l'apprentissage «à quelques coups»⁴, qui lui ne nécessite

³ **L'apprentissage fédéré** : « est une technique d'apprentissage automatique prometteuse pour préserver la confidentialité des données qui permet la communication entre des nœuds distribués sans avoir besoin d'un serveur central. »(86)

⁴ **Apprentissage en quelques coups** : « fait référence à une variété d'algorithmes et de techniques utilisés pour développer un modèle d'IA en utilisant une très petite quantité de données d'entraînement. » (87)

que très peu de données d'entraînement (74). Ces deux méthodes pourraient donc être une solution pour mieux protéger ces données.

Aujourd'hui, la capacité de concevoir de nouveaux outils d'IA pour soutenir la lutte contre des problèmes persistants existe (58). Mais cette possibilité ne doit pas dicter notre conduite, le développement de l'IA doit être guidé par l'objectif qu'elle soit conforme aux principes éthiques et respecte les droits de l'homme (58). Ce qui implique que l'IA doit respecter et protéger la vie privée des individus et la confidentialité des données (58). Le contexte de crise soulève de nombreuses interrogations quant aux frontières entre protection de la collectivité et respect des droits individuels. Ces situations et les choix qui vont en découler doivent être guidés par l'éthique et réévalués selon le principe d'intérêt général. La sécurisation des données doit rester une priorité pour la santé mondiale. Il est donc nécessaire de s'efforcer de trouver un équilibre qui permet d'assurer la sécurité, la protection de la vie privée et l'utilisation éthique des données de santé (88).

2.2 Qui sera tenu pour responsable ?

Pour introduire cette question, cette phrase forte provenant des lectures sera utilisée: « *l'IA fera ce pour quoi elle a été conçue* » (65). En d'autres termes, la responsabilité de ce que l'IA fera incombe aux humains; il est important de garder en mémoire que l'IA est et doit rester sous contrôle humain et donc sous la responsabilité de celui-ci.

Le manque de réglementation n'impacte pas que les questions de confidentialité, il transparaît aussi au travers de la question de la responsabilité en cas d'erreur de l'IA (65,66,73). Les avis divergents sur cette question comme démontrés dans les résultats, est-ce l'utilisateur, est-ce le développeur, ou bien est-ce les deux ? (66). Cette question rend la mise en place d'un consensus complexe compte tenu du manque de transparence des algorithmes d'IA. Parmi les possibilités évoquées en termes de responsabilité, l'attribution d'une personnalité juridique de l'IA est aussi envisagée, ce qui implique que chaque outil soit doté d'une assurance responsabilité civile (65). Il s'agit d'une perspective intéressante mais surtout questionnable. Ce qui amène à deux questions n'est-ce pas équivalent à dédouaner l'humain de ces responsabilités envers ce type de technologie, en considérant que l'IA est la seule responsable elle est pourtant développée et utilisée par l'humain. Le deuxième questionnement que cela peut soulever c'est la question de qui représentera l'IA en cas de poursuite et comment pourrait-elle se défendre ? Les algorithmes de « deep learning » n'ont actuellement pas la capacité de fournir des explications claires et convaincantes de la provenance de leurs recommandations, en cause ce qu'on appelle communément « la boîte noire ». Ce qui induit qu'en cas de résultats erronés, l'IA ne pourra pas se défendre légalement (89).

Afin d'ouvrir des perspectives quant à des pistes pour répondre à la question de la responsabilité des médecins dans l'utilisation de l'IA à des fins de soins, il est important de se référer au code de déontologie qui offre un cadre de référence permettant de guider la pratique médicale. Pour ce faire, le code de déontologie de Belgique sera utilisé. Ce code stipule que le médecin voit sa responsabilité engagée en cas de faute, celle-ci pouvant survenir lors du diagnostic ou de la conduite d'un traitement (90). Les responsabilités des médecins pourraient être engagées dans deux cas de figure : d'abord, s'ils se conforment aux recommandations de l'IA et qu'ils s'avèrent que celles-ci étaient erronées, et ensuite, s'ils décident de ne pas suivre les recommandations de l'IA et qu'ils commettent une faute. Cette question de responsabilité n'est pas si simple, donnons l'exemple d'un médecin qui administre un médicament qui a été mal conditionné par la firme pharmaceutique, le médecin n'étant pas en mesure de détecter ce défaut, il ne sera pas tenu responsable des conséquences de cette erreur. Dans le cas de l'utilisation de l'IA, les algorithmes sont souvent complexes, ne permettant pas une compréhension complète (89). Ces technologies pourraient produire des erreurs qui sont imprévisibles et indétectables pour le médecin avant qu'elles ne se produisent. Dans telle situation, qui devra être tenue responsable de cette erreur ? Il semble disproportionné d'imputer l'unique faute au médecin, mais comment prouver que cette erreur provient d'un dysfonctionnement de l'outil, quand l'outil manque de transparence (65) ? Est-il acceptable de démocratiser l'utilisation de l'IA à des fins de soins lorsqu'on n'est pas en mesure de comprendre entièrement le processus lui permettant d'aboutir à des recommandations ou des diagnostics ? Dans cette mesure, se pose alors la question de savoir s'il faut choisir entre rendre l'outil moins performant au profit de plus de transparence.

Les débats autour de la responsabilité des médecins sont souvent mis en avant, mais qu'en est-il de la responsabilité du décideur politique qui appuierait ces prises de décisions sur des recommandations biaisées de l'IA, entraînant un préjudice pour la société ? Il s'agit d'une question complexe, la responsabilité d'un médecin est souvent plus aisée à mettre en évidence grâce au lien de causalité plus direct entre le soin fourni et la conséquence sur le patient. Pour les décisions politiques, cette causalité est plus complexe à mettre en évidence, car la prise de décision s'insère dans un contexte qui peut influencer les résultats par une multitude de facteurs et peut mettre un certain temps à se manifester. La responsabilité d'un politique pouvant donc être beaucoup plus difficilement engagée.

2.3 L'intelligence artificielle entre deux paradigmes :

Deux paradigmes s'opposent dans la préparation et réponse aux pandémies, tous deux avec des approches bien distinctes l'un « pasteurien » avec une approche centrée sur la lutte contre le germe responsable de l'infection. Et l'autre dite « holistique » considérant que l'origine de la maladie serait également interne, cette vision implique donc que pour éviter la maladie il faut promouvoir un état de santé favorable de la population générale (34). La crise de la COVID-19 a montré de manière frappante

l'importance de l'état de santé initial dans son développement pathologique. En effet, la mortalité s'est fortement concentrée chez les personnes très âgées et/ou porteuses de comorbidité (91,92). Comme le confirme un article mettant en avant que la frontière entre maladie infectieuse et maladie non transmissible est bien plus étroite qu'imaginée (93). Tous ses éléments montrent que l'approche pasteurienne ne suffit plus à elle seule aujourd'hui pour lutter efficacement contre les pandémies. Il semble donc nécessaire de changer la vision afin de se préparer plus efficacement aux crises futures (94,95). Ce changement vers l'approche holistique en matière de préparation et réponse aux pandémies. Cela ne veut pas dire que l'approche pasteurienne est inutile, les contre-mesures de protection immédiates en cas de pandémies sont dans certains cas cruciales principalement pour les populations les plus vulnérables, mais elles ne suffisent pas (96). Néanmoins, ces interventions non pharmaceutiques peuvent avoir des effets catastrophiques pour certaines populations plus vulnérables et ont affecté durement les enfants et les jeunes (97).

Mais alors où se situe l'intelligence artificielle dans ce changement de paradigme ? Les résultats de cette revue ont montré que son utilisation avait été largement mise en avant dans la lutte proprement dite, convergeant avec l'approche pasteurienne. Ces résultats ne sont pas surprenants, car il s'agit de l'approche largement utilisée durant la crise de la COVID-19 (96), visant à considérer que le seul « ennemi » était le germe (34). La majorité des articles sélectionnée dans notre revue sont des articles portant sur cette pandémie avec une approche rétrospective. Les critères avaient été ouverts à la recherche d'articles avec une vision plus prospective, permettant d'identifier si aujourd'hui, après la crise, la vision avait changé face à ce paradigme et comment l'IA pourrait ou non soutenir ce changement. Les résultats sont sans équivoque, même en période d'accalmie la vision pasteurienne domine encore largement. Les effets attendus positifs de l'IA se sont donc concentrés majoritairement sur une approche biomédicale. Ceci transparait via son utilisation pour la recherche de thérapies et de vaccins, son soutien en milieu hospitalier, son utilisation dans la détection des foyers épidémiques et dans le soutien du respect des mesures sociales mises en place par les états et bien d'autres résultats allant dans le sens de cette approche de contre-mesures immédiate. Cette approche médicale a pour objectif de supprimer ou contenir le virus plutôt que de voir cette maladie infectieuse sous l'angle d'une rencontre entre un virus et une population (36). Laisant de côté une vision holistique qui vise à la mise en place d'un spectre plus large de stratégies telles que la promotion et la prévention de la santé qui vise à prendre en compte les déterminants sociaux économiques, les comorbidités et l'âge (35,36). Mais aussi d'autres facteurs tels que les facteurs politiques et environnementaux (95). Ces nombreux facteurs sont bien connus dans la lutte contre les maladies chroniques, mais sont moins ciblés dans celle des maladies infectieuses, pourtant le rôle des inégalités sociales est aussi bien documenté dans le développement pathologique de virus (98).

Il devient donc nécessaire de changer notre vision, d'une vision à court terme qui vise à lutter contre le germe une fois sa survenue vers une vision à plus long terme se concentrant sur la mise en place de politiques préventives et promotionnelles plus larges, en réduisant les inégalités sociales, en offrant aux populations la possibilité d'agir sur leur facteur de risque, d'optimiser leur santé de manière plus générale (95,96). Ainsi que d'augmenter leur immunité naturelle au travers de diverses stratégies telles que la mise en place d'un régime alimentaire et de prise de complément alimentaire (33). Développer notre compréhension sur les différents facteurs responsables de la transition entre infections et la maladie permettrait la mise en place de stratégies plus efficaces, mais aussi moins coûteuses (96).

L'IA peut-elle soutenir l'approche holistique dans la préparation et réponse aux pandémies ? Les articles ne se concentrant pas sur cet axe, cela ne permet pas de répondre pleinement et sûrement à cette question. Une recherche plus approfondie de ses possibilités dans cette approche holistique est nécessaire. Néanmoins, ces potentiels peuvent être cités de manière non exhaustive. Un article met en évidence les possibilités de l'IA pour identifier les déterminants sociaux de la santé des individus au travers des notes médicales, cette identification permettrait d'optimiser l'action contre ceux-ci (99). En effet, les résultats ont pu mettre en évidence sa capacité à collecter et gérer un grand nombre de données, ce qui peut constituer un avantage conséquent pour la collecte des déterminants de la santé. L'IA a pu être ciblée comme un moyen de soutenir la promotion de la santé de la population grâce à sa capacité à identifier et prévenir les maladies et d'autres problèmes de santé (100). Pouvant contribuer à promouvoir le bien-être et les habitudes de vie saine au travers des recommandations comportementales et non comportementales qu'ils peuvent fournir (100). Les chatbots ont aussi quant à eux fait leurs preuves dans leur soutien des stratégies de promotion de la santé (75). Ces possibilités ouvrent donc des perspectives pour soutenir le paradigme holistique dans la préparation et réponse aux pandémies, néanmoins une recherche plus approfondie est nécessaire pour tirer des conclusions.

2.4 L'IA catalyseur ou inhibiteur des inégalités en temps de pandémie :

La question des inégalités en temps de pandémie est une question centrale, l'histoire de la COVID-19 l'a montré de manière écrasante. La crise sanitaire a eu pour effet de fortement accentuer les inégalités sociales et économiques que ce soit entre pays ou sein même des pays (102). Les mesures restrictives ont plus durement touché les publics vulnérables entraînant des pertes d'emplois, de salaire, creusant les inégalités en matière d'enseignement et bien d'autres effets délétères (102). Ces inégalités n'ont pas été causées que par ces mesures restrictives, les études nous ont montré qu'un statut socio-économique défavorable mettait ces populations plus à risque de morbidité et de mortalité liée au virus (96).

L'histoire montre aujourd'hui que ce combat pour une plus grande équité en temps de pandémie est loin d'être gagné. À l'heure des grandes négociations pour la mise en place d'un traité international de lutter contre les pandémies qui auraient dû être votées à la mi-mai les négociations se prolongent, le point principal des discordes est la question de l'accès et du partage des thérapies, vaccins et outils de diagnostic, principalement pour les pays à faible revenu (103). Ce point est pourtant central, la crise de la COVID-19 a montré de manière frappante les inégalités dans la distribution de ces ressources (104).

Mais où situer l'IA dans ce débat ? L'IA est encore fort controversée pour son potentiel à diminuer les inégalités ou les augmenter. Mais que disent les résultats, ceux-ci montrent plusieurs points d'attention d'une part la présence de discrimination au sein même des données sur lequel l'IA va s'alimenter. Les données disponibles pouvaient donc elles-mêmes être entachées par des préjugés implicites et entraîner le risque d'accroître les inégalités (50,51,65,74,77). Ces mêmes données sont aussi le reflet de la disparité d'accès aux soins existant au sein du système de santé, ce qui implique que l'IA s'entraîne sur des données qui ne représentent pas l'ensemble de la population (50,51,77). Ces données discriminées rendent les recommandations de l'IA non généralisables pour une partie de la population (50,53,65,66). Au-delà d'être non généralisable, ces recommandations pourraient renforcer les inégalités déjà présentes au sein du système de santé (51,65,77). Le mythe autour du fait que l'IA soit moins discriminante et plus objective qu'un médecin est sérieusement remis en question lorsque l'on comprend que l'IA puise ses informations des données médicales qui sont elles-mêmes entachées de préjugés et de subjectivité ! Il a donc été tenté de savoir si l'IA pouvait lutter contre ces biais. Plusieurs méthodes existent pour lutter contre cette problématique, dont deux ont pu être identifiées, celle de la création d'un ensemble d'entraînements multiethniques, ainsi que celle de la création d'un réseau neuronal stéréotypé qui permet d'atténuer les effets des éléments biaisés ou stéréotypés. Permettant donc aux modèles d'IA de gérer les préjugés par eux-mêmes. Il reste néanmoins des incertitudes quant à la capacité de ces stratégies pour lutter contre ces biais discriminatoires (89).

Cette problématique ne s'arrête pas là, une deuxième limite importante a été mise en avant, cette fois-ci liée à la nécessité d'une connectivité des outils, celle-ci entraîne de grands questionnements. Certains groupes tels que des personnes âgées et populations marginalisées n'ont pas une littératie numérique suffisante et/ou un accès suffisant aux technologies, ce qui ne leur permet pas de bénéficier d'un accès à certains soins fournis par l'IA (68,77). La fracture numérique devient donc un élément majeur au vu de l'existence d'un fossé d'accès aux soins numérique qui touche plus particulièrement certains groupes marginalisés et ruraux (72). Au vu de cette problématique, il semble primordial de prendre en compte l'expérience des utilisateurs afin de rendre les technologies plus faciles à utiliser (59,60).

Alors que de nombreux experts commencent à se demander s'il ne faut pas miser sur l'IA pour renforcer le système de santé dans les pays à faible revenu. Les chiffres parlent d'eux même en 2021 moins de 30% de la population dans les pays d'Afrique occidentale et central ont un accès à Internet (105). Et la problématique ne s'arrête pas là l'accès aux technologies tel que des téléphones portables est aussi une problématique importante, en effet moins 40% de la population en possède en 2021 (105).

Toutes ces informations nécessitent de prendre un peu de recul face à ces préconçus que l'IA pourrait améliorer l'équité au sein du système de santé, attention elle comporte aussi des potentiels pour l'améliorer au travers d'un accès plus aisé aux soins pour les personnes mal desservies. Tels que montré grâce à l'utilisation des chatbots qui ont un potentiel important pour atteindre une population plus difficile d'accès tels que les populations dans les zones rurales (60). Dans deux autres études portant sur des chatbots multilingues destinés à informer sur la vaccination, les groupes minoritaires ont pu recevoir des informations dans plusieurs langues, permettant ainsi une accessibilité plus équitable pour ces groupes (71,72). L'IA aurait aussi un potentiel pour aider à optimiser l'allocation de thérapie au travers d'une collecte de données sur plan géographique et démographique permettant ainsi une distribution équitable et adapter aux besoins des pays lorsque les ressources sont limitées (50,54).

Il n'y a pas de réponse claire sur le potentiel de l'IA à augmenter ou diminuer les inégalités, ceci montre qu'encore une fois que son encadrement est nécessaire afin que ces bénéfices n'entraînent pas la survenue de risque dépassant tous ces bienfaits. Aucun cadre universel ne pourra être créé, la survenue de ces risques et de ces bénéfices étant conditionnée par le contexte dans lequel l'IA va être déployé. Ce qui nécessite d'élargir notre vision sur une vue plus systémique afin d'analyser et d'étudier de manière plus approfondie toutes les implications que l'IA pourrait générer dans chaque contexte spécifique. Afin de s'assurer que celle-ci ne renforce pas les inégalités entre pays et au sein même des pays.

2.5 Soutenabilité de l'IA : un mythe ou une réalité ?

La notion des coûts n'a été que très brièvement abordée dans les articles inclus dans notre revue, seul un a fait référence aux risques d'augmentation des coûts que l'IA pourrait induire, la cause avancée est la logistique nécessaire pour ce type de technologie (59). D'autres études ont quant à elles mis en évidence la possibilité que l'IA puisse réduire les coûts grâce à son efficacité dans le processus diagnostique (63,65), ou dans le processus de recherche (17,50,58,63,65). Compte tenu de ce manque de données sur la thématique nous avons préféré ne pas créer de catégorie spécifique pour ces données, que ce soit en termes de risques ou d'effet attendus positifs. Néanmoins, nous nous interrogeons donc

sur cette question, l'IA va-t-elle permettre de réduire les coûts au sein du système de santé ou va-t-elle, au contraire, les augmenter ?

Il est indéniable que l'IA va engendrer des coûts, leurs provenances sont multiples, ils viennent d'une part de l'investissement initial propre à la technologie elle-même avec le développement du logiciel, des infrastructures nécessaires à son implémentation, ainsi que la nécessité de suivre le bon fonctionnement de l'IA et donc d'engager du personnel non médical expert dans le domaine (106,107). Il y a aussi d'autres coûts à prendre en compte comme la nécessité de l'entretien logistique, ainsi que le temps et les ressources nécessaires pour former le personnel soignant à travailler avec ce type de technologies (59,89). L'installation et l'implémentation de l'IA dans le système de santé peuvent donc engendrer des coûts très importants. Il a aussi été mis en évidence que certains coûts étaient parfois plus cachés, certains modèles d'IA sont parfois trop prudents dans leurs recommandations pouvant entraîner une surconsommation des examens ou des traitements qui sont en réalité inutile et donc augmente les coûts pour le patient et le système de santé (107). Ce qui souligne encore une fois l'importance que l'IA soit supervisé par un médecin.

La notion de coûts directs n'est dès lors pas l'approche la plus adaptée pour se demander s'il faut utiliser ce type de technologie au sein des systèmes de santé. Il semble plus approprié de se demander si l'investissement dans l'IA va permettre d'améliorer les résultats de santé pour le patient, de réduire les coûts de santé sur du plus long terme et d'améliorer l'efficacité au sein de notre système de santé (107). L'évaluation de son rapport coût-efficacité, et donc son efficacité est donc nécessaire. Pour ce faire, chaque outil d'IA devrait bénéficier d'une évaluation des technologies de santé (ETS) afin qu'un examen systématique des caractéristiques, mais aussi de ses effets / impacts soit effectué. Permettant d'évaluer ses diverses implications qu'elles soient cliniques, économiques, sociales, mais aussi organisationnelles, environnementales et éthiques (107,108). Malgré le fait que l'évaluation réglementaire des technologies de santé est menée par des organismes supranationaux ou nationaux au travers de l'Agence européenne des médicaments (EMA) ou la Food and Drug Administration (FDA) aux États-Unis. L'ETS, qui se situe à un niveau plus régional ou provincial, est essentielle pour l'implémentation d'une technologie de santé au sein du système de santé du pays (108). Cette approche va permettre de s'assurer que son implémentation soit judicieuse et dans l'intérêt des populations. Cette évaluation est essentielle au vu de la portée que couvre le terme « IA », l'IA n'est pas un seul type de technologie, mais une multitude de variations agissant dans des domaines divers du système de santé, pouvant aller du chatbot qui aide à prendre un rendez-vous médical à un système qui va ajuster le plan de traitement de radiothérapie en fonction des changements quotidiens de l'anatomie du patient et de la tumeur. Leurs impacts et risques pour le système de santé, les soignants,

l'organisation des soins ou pour la population seront donc fort différents. Ce qui nécessite que chaque technologie soit évaluée individuellement pour encourager ou non son utilisation.

Se posent néanmoins d'autres problèmes dans l'évaluation de ce type de technologie. Premièrement, les outils d'IA actuels sont essentiellement testés sur la base de leur efficacité expérimentale, donc dans un environnement contrôlé avec une base de données contrôlée. Ce qui soulève des questions sur le maintien de leur efficacité dans un système non contrôlé et donc avec des données potentiellement disparates, manquantes ou erronées (107). Deuxièmement le potentiel d'apprentissage en continu de l'IA implique que la technologie va continuellement évoluer avec les nouvelles informations qu'elle reçoit et des liens qu'elle va en produire, soulève également des questions (108). Un dernier problème est que la mise en œuvre actuelle des technologies d'IA se fait dans un délai beaucoup plus court qu'un médicament ou un vaccin, ce qui implique qu'il y a moins de preuves de l'efficacité et de l'impact de ces outils par rapport aux normes requises par les ETS (108). Le modèle classique doit-il être adapté pour qu'il se conforme mieux à la réalité de l'IA ? Est-il acceptable de mettre sur le marché de la santé une technologie d'IA avec un niveau de preuve limité ? Ce sont des questions parmi d'autres qu'il est nécessaire d'aborder.

Au-delà de la soutenabilité financière de l'IA pour les systèmes, la question de sa soutenabilité environnementale pose question. Ce type de technologie consomme une quantité importante de ressources énergétiques et en eau, et il produit de nombreux déchets électroniques. Un exemple concret est le modèle Chat GPT 3, son entraînement a utilisé l'équivalent en ressources énergétiques de 1450 foyers américains moyens par mois (109). Les centres de gestion de données mondiales indispensables à l'IA produiraient aujourd'hui entre 2,5%-3,7% des émissions mondiales de gaz à effet de serre alors que le développement de l'IA n'est encore qu'à ses débuts (110). Cela soulève donc de nombreuses questions au vu de la problématique grandissante du changement climatique et des divers impacts qu'il peut avoir.

Ceci relève encore une fois l'importance de réglementer ces outils, de poursuivre la recherche afin de pouvoir mettre en évidence tous les impacts qu'ils pourraient induire afin de faire les choix les plus judicieux et éclairés pour que la technologie n'entraîne pas plus de risque que d'effets positifs.

3. Recommandations :

Compte tenu des risques que peut induire l'utilisation de l'intelligence artificielle, l'OMS propose six principes éthiques pour guider la réglementation et la gouvernance de l'IA dans le domaine de la santé. Principes qui permettent d'atténuer les effets néfastes tout en maximisant les bénéfices de l'IA.

- 1. Protéger l'autonomie humaine** : cela implique que l'humain est responsable du contrôle du système de santé, et que les décisions médicales doivent être prises par les médecins et non l'IA. Les principes de vie privée et de confidentialité doivent être respectés et protégés.
- 2. Promouvoir le bien-être et la sécurité des personnes et l'intérêt public** : les concepteurs d'IA sont tenus de respecter les réglementations en termes de sécurité, d'efficacité et de précision. Ce qui implique qu'un contrôle de qualité soit entrepris.
- 3. Assurer la transparence, l'explicabilité et l'intelligibilité** : cela exige qu'avant tout conception et déploiement d'une technologie d'IA, des informations suffisantes soient publiées. Les informations doivent être accessibles par tous, permettant d'ouvrir les débats sur la manière dont la technologie est conçue et comment elle doit ou ne pas être utilisée.
- 4. Favoriser la responsabilité et la responsabilisation** : les parties prenantes doivent s'assurer que l'IA soit utilisée dans des conditions optimales et que le personnel qui les utilise soit suffisamment formé pour une utilisation sécuritaire. Une réglementation claire doit être mise en vigueur afin que les personnes lésées suite à des erreurs provenant d'une technologie d'IA obtiennent réparation.
- 5. Assurer l'inclusion et l'équité** : vise à un accès équitable des technologies d'IA pour tous, ainsi que pour permettre à l'IA de s'adapter à la diversité des contextes et des systèmes de santé.
- 6. Promouvoir une IA réactive et durable** : les technologies d'IA doivent être continuellement évaluées par les concepteurs, développeurs et utilisateurs afin de s'assurer qu'elles répondent aux attentes et exigences. L'impact environnemental de ces technologies doit être minimisé. L'implication que ces technologies peuvent avoir sur le système de santé et les perturbations qu'elles peuvent engendrer sur le travail des professionnels de santé doit être soigneusement étudiée, afin que les professionnels de santé soient formés à cette réorganisation (12).

Ces principes sont étroitement liés aux nombreux questionnements qui ont été abordés au travers de la discussion, mettant en évidence, le cadre juridique encore flou entourant l'utilisation de l'IA,

problématique encore majorée par son utilisation en période de pandémie où la nécessité d'une réponse rapide peut engendrer des prises des décisions hâtives. Il semble donc important aujourd'hui de poursuivre les recherches sur le domaine, afin d'éclairer la prise de décision. L'objectif poursuivi doit rester celui de protéger tous les individus. Une évaluation permettant de suivre les divers impacts de chaque technologie d'IA sur la santé des populations, sur l'organisation des soins, sur les professionnels de santé et sur le système de santé doit être menée.

Tout ceci souligne la nécessité d'établir des directives claires pour une utilisation éthique de l'IA dans le secteur de la santé. La pandémie de COVID-19 a révélé certaines dérives questionnables concernant le respect de ces principes. Par exemple, à Taiwan, des mesures ont été prises pour lutter contre la pandémie, incluant la mise en place d'un système permettant de suivre en temps réel l'historique des voyages et des symptômes. Ce système a permis de placer 55000 habitants en quarantaine à l'aide de l'application « mobile geofencing », utilisant les données des téléphones des habitants à travers une application de police. Ces mesures, bien que destinées à protéger la santé publique, portent atteinte à la vie privée et à l'autonomie des individus (55). Ce qui met lumière l'importance de la mise en place d'un cadre réglementaire. Ce cadre devrait également définir explicitement les limites des assouplissements réglementaires qui peuvent être effectués par motif d'intérêt général.

4. Points forts et limites :

Cette revue exploratoire systématique présente certaines forces et limites, les forces de la revue résident dans sa méthodologie qui a tenu à être la plus systématique possible afin de couvrir le sujet de manière la plus exhaustive grâce à une sélection des articles rigoureuse réalisée pour l'étape « titre et résumé » par deux examinateurs. Néanmoins, pour assurer une plus grande robustesse, l'ensemble des étapes (texte intégral, évaluation de qualité, ainsi que l'extraction des données) aurait dû être effectué par les deux examinateurs, ce qui n'a pas été possible dans le cadre de ce mémoire. L'inspection intégrale de la bibliographie de chaque article pertinent a permis de trouver un certain nombre d'articles qui n'ont pas été identifiés par l'équation de recherche, ce qui constitue une plus-value importante. Le choix d'inclure une évaluation de qualité des articles a été fait pour que les conclusions tirées proviennent de résultats pertinents et de qualité, permettant donc d'offrir plus de robustesse à cette revue.

La conduite de la revue sans délimitation de frontière peut constituer à la fois une force et une faiblesse, ce choix a permis de mettre en évidence des risques et des limites qui n'auraient sans doute pas été mis en évidence dans certains contextes. Néanmoins, cette revue a, comme toujours, mis en lumière l'importance du contexte dans l'apparition des différents effets attendus, des risques et des limites. Ceci souligne l'importance d'avoir une vision systémique dans l'implémentation de ces technologies

d'IA afin d'analyser et d'étudier de manière approfondie tous les impacts qu'elles pourraient générer pour chaque système de santé spécifique. Il n'est donc pas envisageable d'offrir une généralisation des résultats au vu de l'importance du contexte.

Conclusion :

Un an après que l'OMS a déclaré la fin de la crise sanitaire mondiale liée à la COVID-19, il semble évident que nous ne pouvons pas exclure la possibilité de futures pandémies de maladies infectieuses. Les négociations pour un traité international sur la prévention, la préparation et la riposte aux pandémies se poursuivent, sans qu'un accord mondial n'ait encore été atteint à l'heure d'écrire cette conclusion (103). Il semble crucial de parvenir à un accord pour mieux préparer les systèmes aux éventuelles pandémies futures.

L'IA montre à travers ces différents résultats son grand potentiel pour soutenir cette lutte grâce à une détection plus rapide des foyers épidémiques, mais aussi à l'automatisation de certaines tâches offrant de nombreux bénéfices pour le système de santé, ainsi que bien d'autres effets positifs attendus. Néanmoins, les résultats ont pu aussi mettre en évidence des risques importants et des limites de cette technologie. Ceux-ci ne doivent pas être négligés, en particulier l'atteinte à la vie privée, le contrôle social, les recommandations biaisées et bien d'autres risques décrits plus haut. Ce qui nécessite d'une part de poursuivre les recherches dans le domaine afin de mettre en lumière toutes les implications que l'IA peut engendrer sur le système de santé. Et d'autre part, de mettre en place des réglementations claires pour un encadrement judicieux de l'IA, guidé par l'objectif de protéger la population.

Les recherches nous ont montré que l'approche mise en avant dans la lutte contre la COVID-19 était celle du paradigme pasteurien. Cette vision et l'urgence de la situation ont conduit à une approche se basant sur la biosécurité autoritaire, visant à lutter contre la crise par la mise en quarantaine, le confinement et la mise en place de mesures répressives en cas de non-respect des règles, limitant les droits et la liberté de choix des populations (83,111). La capacité de l'IA à obtenir des informations et données autrefois impossibles à collecter ne doit pas devenir un outil pour soutenir une approche autoritaire, entravant les droits des individus. Cette approche délaisse le paradigme holistique qui vise à prendre en compte l'ensemble des déterminants de la santé, y compris économiques et sociaux, et qui se fonde sur les droits. L'approche holistique, encore peu abordée dans la littérature, semble pourtant offrir des perspectives durables pour soutenir les défis de santé publique tels que les crises climatiques, les épidémies, mais aussi les inégalités sociales croissantes (111). Cette approche visant à promouvoir la bonne santé de sa population comme moyen de lutter contre les pandémies permet pourtant de rendre la population plus résilientes en cas de pandémie. Il s'agit d'une notion

fondamentale pour une meilleure préparation. Ces stratégies sont aussi des alliées de choix dans la lutte contre les maladies chroniques. Il s'agit pourtant d'un axe de la préparation aux pandémies encore trop peu développé dans la littérature.

Nous concluons cette revue par une notion importante : l'IA, malgré ses possibilités, ne remplacera pas l'intelligence collective intergouvernementale, élément indispensable dans la préparation et réponse aux pandémies (53). Comme le souligne régulièrement Élisabeth Paul, « *il n'y a pas de solution technologique à un problème socio-politique...* ». En effet, malgré tout le potentiel, l'IA ne peut que jouer un rôle de soutien dans la préparation et réponse aux pandémies. La gestion d'une crise sanitaire est un enjeu complexe qui dépasse les compétences d'une technologie. Elle nécessite des décisions intégrant des considérations politiques, économiques et sociales adaptées à chaque contexte spécifique. De plus, cela soulève de nombreuses questions éthiques ce qui exige une approche allant au-delà des capacités de l'IA.

Bibliographie :

1. Health K. The classical definition of a pandemic is not elusive. Bull World Health Organ. 1 juill 2011;89(7):540-1.
2. Cambridge dictionary. epidemic [Internet]. 2024 [cité 6 mai 2024]. Disponible sur: <https://dictionary.cambridge.org/fr/dictionnaire/anglais-francais/epidemic>
3. WHO. Regional Office for the Eastern Mediterranean. [cité 25 mai 2024]. Infectious diseases | Health topics. Disponible sur: <http://www.emro.who.int/health-topics/infectious-diseases/index.html>
4. WHO. Infodemic [Internet]. [cité 9 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.who.int/health-topics/infodemic>
5. Coomans F. SDG 4: Ensure Inclusive and Equitable Quality Education and Promote Lifelong Learning Opportunities for All. In: Ebbesson J, Hey E, éditeurs. The Cambridge Handbook of the Sustainable Development Goals and International Law [Internet]. 1^{re} éd. Cambridge University Press; 2022 [cité 6 mai 2024]. p. 117-39. Disponible sur: https://www.cambridge.org/core/product/identifiant/9781108769631%23CN-bp-4/type/book_part
6. OECD. Understanding the Digital Divide [Internet]. 2001 janv [cité 9 mai 2024]. (OECD Digital Economy Papers; vol. 49). Report No.: 49. Disponible sur: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/understanding-the-digital-divide_236405667766
7. World Health Organization. Évaluation des technologies de la santé : dispositifs médicaux. Health technology assessment of medical devices. 2012;41.
8. HTA glossary. International Network of Agencies for Health Technology Assessment and Health Technology Assessment international [Internet]. [cité 19 mai 2024]. Disponible sur: <http://htaglossary.net/HomePage>
9. Ramesh AN, Kambhampati C, Monson JRT, Drew PJ. Artificial intelligence in medicine. Annals of the Royal College of Surgeons of England. 2004;86(5):334-8.
10. Vivek Kaul, Sarah Enslin, Seth A Gross. History of artificial intelligence in medicine. Gastrointestinal Endoscopy. 1 oct 2020;92(4):807-12.
11. Dartmouth. Artificial Intelligence (AI) Coined at Dartmouth [Internet]. [cité 27 mai 2024]. Disponible sur: <https://home.dartmouth.edu/about/artificial-intelligence-ai-coined-dartmouth>
12. WHO. Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance. Geneva: World Health Organization; 2021. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
13. Janiesch C, Zscheck P, Heinrich K. Machine learning and deep learning. Electron Markets. 1 sept 2021;31(3):685-95.
14. Sarker IH. Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. SN COMPUT SCI. 22 mars 2021;2(3):160.
15. IBM. Qu'est-ce que l'apprentissage en profondeur? | IBM [Internet]. 2023 [cité 28 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/deep-learning>

16. IBM. Qu'est-ce qu'un chatbot ? | IBM [Internet]. 2024 [cité 27 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.ibm.com/fr-fr/topics/chatbots>
17. Arora N, Banerjee AK, Narasu ML. The role of artificial intelligence in tackling COVID-19. *Future Virol.* :10.2217/fvl-2020-0130.
18. WHO. Accord mondial sur la prévention, la préparation et la riposte face aux pandémies [Internet]. [cité 24 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/questions-and-answers/item/pandemic-prevention--preparedness-and-response-accord>
19. Khor SK, Heymann DL. Pandemic preparedness in the 21st century: which way forward? *The Lancet Public Health.* 1 juin 2021;6(6):e357-8.
20. Cicero A, Phelan A. A pandemic agreement is within reach. *Science.* 3 mai 2024;384(6695):489.
21. ODD. Objectif de Développement Durable - Santé et Bien-Être pour tous [Internet]. Développement durable. [cité 24 oct 2023]. Disponible sur: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/health/>
22. Sachin Waikar. How Has COVID Affected the AI Economy? [Internet]. 2021 [cité 13 mai 2024]. Disponible sur: <https://hai.stanford.edu/news/how-has-covid-affected-ai-economy>
23. OECD. OECD. [cité 25 mai 2024]. Utiliser l'intelligence artificielle au service de la lutte contre le COVID-19. Disponible sur: <https://www.oecd.org/coronavirus/policy-responses/utiliser-l-intelligence-artificielle-au-service-de-la-lutte-contre-le-covid-19-0ef5d4f9/>
24. CDC. Understanding the Epidemiologic Triangle through Infectious Disease.
25. Morse SS. Factors in the Emergence of Infectious Diseases - Volume 1, Number 1—January 1995 - *Emerging Infectious Diseases journal - CDC.* [cité 25 mai 2024]; Disponible sur: https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/1/1/95-0102_article
26. WHO. Résistance aux antibiotiques [Internet]. [cité 25 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/antibiotic-resistance>
27. World Health Organization. The world health report 2007 : a safer future : global public health security in the 21st century. Rapport sur la santé dans le monde 2007 : un avenir plus sûr : la sécurité sanitaire mondiale au XXI^e siècle [Internet]. 2007 [cité 25 mai 2024]; Disponible sur: <https://iris.who.int/handle/10665/43713>
28. GOSTIN LO, KATZ R. The International Health Regulations: The Governing Framework for Global Health Security. *Milbank Q.* juin 2016;94(2):264-313.
29. Organisation mondiale de la santé. REGLEMENT SANITAIRE INTERNATIONAL (2005): troisième édition [Internet]. 2016 [cité 10 janv 2024]. Disponible sur: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/246187/9789242580495-fre.pdf?sequence=1>
30. McCoy D, Roberts S, Daoudi S, Kennedy J. Global health security and the health-security nexus: principles, politics and praxis. *BMJ Glob Health.* sept 2023;8(9):e013067.
31. WHO & World Bank. Analysis of Pandemic Preparedness and Response (PPR) architecture, financing needs, gaps and mechanisms [Internet]. 2022. Disponible sur:

<https://thedocs.worldbank.org/en/doc/5760109c4db174ff90a8dfa7d025644a-0290032022/original/G20-Gaps-in-PPR-Financing-Mechanisms-WHO-and-WB-pdf.pdf>

32. World Health Organization. Non-pharmaceutical public health measures for mitigating the risk and impact of epidemic and pandemic influenza [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2019 [cité 26 mai 2024]. 85 p. Disponible sur: <https://iris.who.int/handle/10665/329438>
33. Martineau AR, Jolliffe DA, Hooper RL, Greenberg L, Aloia JF, Bergman P, et al. Vitamin D supplementation to prevent acute respiratory tract infections: systematic review and meta-analysis of individual participant data. *BMJ*. 15 févr 2017;356:i6583.
34. Colin G, Paul E. [COVID-19 pandemic : have we not reached the limits of the Pasteurian paradigm ?]. *Rev Med Liege*. déc 2021;76(12):845-9.
35. Paul E, Brown GW, Kalk A, Ridde V. Playing vaccine roulette: Why the current strategy of staking everything on Covid-19 vaccines is a high-stakes wager. *Vaccine*. 2021;39(35):4921-4.
36. Cambon L, Bergeron H, Castel P, Ridde V, Alla F. When the worldwide response to the COVID-19 pandemic is done without health promotion. *Glob Health Promot*. 1 juin 2021;28(2):3-6.
37. Macq B. Face aux défis de l'intelligence artificielle générative. Tome 1. académic-editions. 2024. (Académie royale de Belgique).
38. EUR Lex Europa. Règlement général sur la protection des données (RGPD) | EUR-Lex [Internet]. [cité 26 mai 2024]. Disponible sur: <https://eur-lex.europa.eu/FR/legal-content/summary/general-data-protection-regulation-gdpr.html>
39. Europa. Thèmes | Parlement européen. 2023 [cité 14 mai 2024]. Loi sur l'IA de l'UE : première réglementation de l'intelligence artificielle. Disponible sur: <https://www.europarl.europa.eu/topics/fr/article/20230601STO93804/loi-sur-l-ia-de-l-ue-premiere-reglementation-de-l-intelligence-artificielle>
40. State of California. State of California - Department of Justice - Office of the Attorney General. 2018 [cité 26 mai 2024]. California Consumer Privacy Act (CCPA). Disponible sur: <https://oag.ca.gov/privacy/ccpa>
41. Kulikowski C, Maojo VM. COVID-19 pandemic and artificial intelligence: challenges of ethical bias and trustworthy reliable reproducibility? *BMJ Health Care Inform*. 1 oct 2021;28(1):e100438.
42. Aromataris E, Munn Z (Editors). *JBI Manual for Evidence Synthesis* [Internet]. 2020. Disponible sur: <https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-01>
43. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med*. 2 oct 2018;169(7):467-73.
44. Peters MDJ, Godfrey CM, Khalil H, McInerney P, Parker D, Soares CB. Guidance for conducting systematic scoping reviews. *Int J Evid Based Healthc*. sept 2015;13(3):141-6.
45. WHO, 10 proposals to build a safer world together – Strengthening the Global Architecture for Health Emergency Preparedness, Response and Resilience Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. [Internet]. [cité 2 mai 2024]. Disponible sur:

https://cdn.who.int/media/docs/default-source/emergency-preparedness/who_hepr_june30draftforconsult.pdf?sfvrsn=e6117d2c_4&download=true

46. JBI. Checklist_for_Qualitative_Research.docx [Internet]. [cité 20 avr 2024]. Disponible sur: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fjbi.global%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2021-10%2FChecklist_for_Qualitative_Research.docx&wdOrigin=BROWSELINK
47. JBI. Checklist_Textual_Evidence_Opinion [Internet]. [cité 26 avr 2024]. Disponible sur: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fjbi.global%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2023-09%2F2.Checklist_Textual_Evidence_Opinion.docx&wdOrigin=BROWSELINK
48. JBI. Checklist_for_Analytical_Cross_Sectional_Studies [Internet]. [cité 26 avr 2024]. Disponible sur: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fjbi.global%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2021-10%2FChecklist_for_Analytical_Cross_Sectional_Studies.docx&wdOrigin=BROWSELINK
49. JBI. Checklist for RCTs [Internet]. [cité 26 avr 2024]. Disponible sur: https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fjbi.global%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2F2023-10%2FRevised%2520Checklist%2520for%2520RCTs_updated_1.docx&wdOrigin=BROWSELINK
50. Davies SE. Artificial Intelligence in Global Health. *Ethics and International Affairs*. 2019;33(2):181-92.
51. Debnath S, Barnaby DP, Coppa K, Makhnevich A, Kim EJ, Chatterjee S, et al. Machine learning to assist clinical decision-making during the COVID-19 pandemic. *Bioelectron Med*. 10 juill 2020;6:14.
52. Lumb R, Lall V, Moreno A. The Role of AI in Testing, Tracking and Treatment of Covid-19. 2020;20(3):55-64.
53. Parums DV. Editorial: Infectious Disease Surveillance Using Artificial Intelligence (AI) and its Role in Epidemic and Pandemic Preparedness. *Med Sci Monit*. 1 juin 2023;29:e941209-1-e941209-4.
54. Anjaria P, Asediya V, Bhavsar P, Pathak A, Desai D, Patil V. Artificial Intelligence in Public Health: Revolutionizing Epidemiological Surveillance for Pandemic Preparedness and Equitable Vaccine Access. *Vaccines* [Internet]. juill 2023 [cité 14 avr 2024];11(7). Disponible sur: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10383160/>
55. Lin L, Hou Z. Combat COVID-19 with artificial intelligence and big data. *J Travel Med*. 21 mai 2020;taaa080.
56. Carlile M, Hurt B, Hsiao A, Hogarth M, Longhurst CA, Dameff C. Deployment of artificial intelligence for radiographic diagnosis of COVID-19 pneumonia in the emergency department. *J Am Coll Emerg Physicians Open*. 5 nov 2020;1(6):1459-64.
57. Taryudi T, Lindayani L, Purnama H, Mutiar A. Nurses' view towards the use of robotic during pandemic COVID-19 in Indonesia: A qualitative study. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2022;10(G):14-8.

58. Luengo-Oroz M, Hoffmann PK, Bullock J, Kirkpatrick R, Alexandra L, Sasha R, et al. Artificial intelligence cooperation to support the global response to COVID-19. 2020;2(6):295-7.
59. Yoo HJ, Lee H. Critical role of information and communication technology in nursing during the COVID-19 pandemic: A qualitative study. *J Nurs Manag.* nov 2022;30(8):3677-85.
60. Sezgin E, Huang Y, Ramtekkar U, Lin S. Readiness for voice assistants to support healthcare delivery during a health crisis and pandemic. *NPJ Digit Med.* 16 sept 2020;3:122.
61. Judson TJ, Odisho AY, Young JJ, Bigazzi O, Steuer D, Gonzales R, et al. Implementation of a digital chatbot to screen health system employees during the COVID-19 pandemic. *J Am Med Inform Assoc.* 1 juill 2020;27(9):1450-5.
62. Yelouassi E. Tomodensitométrie : déroulement, précautions et effets secondaires [Internet]. *Information hospitalière : Lexique et actualité du milieu médical.* 2023 [cité 9 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.informationhospitaliere.com/tomodensitometrie-deroulement-precautions-et-effets-secondaires>
63. Naudé W. Artificial intelligence vs COVID-19: limitations, constraints and pitfalls. *AI Soc.* 2020;35(3):761-5.
64. Bai HX, Wang R, Xiong Z, Hsieh B, Chang K, Halsey K, et al. AI Augmentation of Radiologist Performance in Distinguishing COVID-19 from Pneumonia of Other Etiology on Chest CT. *Radiology.* 27 avr 2020;201491.
65. Williams CM, Chaturvedi R, Urman RD, Waterman RS, Gabriel RA. Artificial Intelligence and a Pandemic: an Analysis of the Potential Uses and Drawbacks. *J Med Syst.* 2021;45(3):26.
66. Ahun E, Demir A, Yiğit Y, Tulgar YK, Doğan M, Thomas DT, et al. Perceptions and concerns of emergency medicine practitioners about artificial intelligence in emergency triage management during the pandemic: a national survey-based study. *Front Public Health.* 2023;11:1285390.
67. Miner AS, Laranjo L, Kocaballi AB. Chatbots in the fight against the COVID-19 pandemic. *NPJ Digit Med.* 4 mai 2020;3:65.
68. Wai Wong WC, Zhao IY, Ma YX, Dong WN, Liu J, Pang Q, et al. Primary Care Physicians' and Patients' Perspectives on Equity and Health Security of Infectious Disease Digital Surveillance. *Ann Fam Med.* 2023;21(1):33-9.
69. Siedlikowski S, Noël LP, Moynihan SA, Robin M. Chloe for COVID-19: Evolution of an Intelligent Conversational Agent to Address Infodemic Management Needs During the COVID-19 Pandemic. *J Med Internet Res.* 21 sept 2021;23(9):e27283.
70. McKillop M, South BR, Preininger A, Mason M, Jackson GP. Leveraging conversational technology to answer common COVID-19 questions. *J Am Med Inform Assoc.* 18 mars 2021;28(4):850-5.
71. Lee KY, Dabak SV, Kong VH, Park M, Kwok SLL, Silzle M, et al. Effectiveness of chatbots on COVID vaccine confidence and acceptance in Thailand, Hong Kong, and Singapore. *NPJ Digit Med.* 25 mai 2023;6(1):96.

72. Perez-Ramos JG, Leon-Thomas M, Smith SL, Silverman L, Perez-Torres C, Hall WC, et al. COVID-19 Vaccine Equity and Access: Case Study for Health Care Chatbots. *JMIR Form Res.* 25 janv 2023;7:e39045.
73. Cave S, Whittlestone J, Nyrup R, O hEigeartaigh S, Calvo RA. Using AI ethically to tackle covid-19. *BMJ.* 16 mars 2021;372:n364.
74. Yu M, Tang A, Brown K, Bouchakri R, St-Onge P, Wu S, et al. Integrating artificial intelligence in bedside care for covid-19 and future pandemics. *BMJ.* 31 déc 2021;375:e068197.
75. Hu Y, Jacob J, Parker GJM, Hawkes DJ, Hurst JR, Stoyanov D. The challenges of deploying artificial intelligence models in a rapidly evolving pandemic. *Nat Mach Intell.* juin 2020;2(6):298-300.
76. Estiri H, Strasser ZH, Rashidian S, Klann JG, Waghlikar KB, McCoy TH, et al. An objective framework for evaluating unrecognized bias in medical AI models predicting COVID-19 outcomes. *J Am Med Inform Assoc.* 12 mai 2022;29(8):1334-41.
77. Leslie D, Mazumder A, Peppin A, Wolters MK, Hagerty A. Does “AI” stand for augmenting inequality in the era of covid-19 healthcare? *BMJ.* 16 mars 2021;372:n304.
78. Shachar C, Gerke S, Adashi EY. AI Surveillance during Pandemics: Ethical Implementation Imperatives. *Hastings Cent Rep.* mai 2020;50(3):18-21.
79. Wang WT, Tan N, Hanson JA, Crubaugh CA, Hara AK. Initial Experience with a COVID-19 Screening Chatbot Before Radiology Appointments. *J Digit Imaging.* oct 2022;35(5):1303-7.
80. Latonero M. *Data & Society. Data & Society Research Institute; 2018 [cité 9 mai 2024]. Governing Artificial Intelligence.* Disponible sur: <https://datasociety.net/library/governing-artificial-intelligence/>
81. Lancet T. Cyberattacks on health care—a growing threat. *The Lancet.* 25 mai 2024;403(10441):2263.
82. ISACA. ISACA. [cité 27 mai 2024]. The Need For AI-Powered Cybersecurity to Tackle AI-Driven Cyberattacks. Disponible sur: <https://www.isaca.org/resources/news-and-trends/isaca-now-blog/2024/the-need-for-ai-powered-cybersecurity-to-tackle-ai-driven-cyberattacks>
83. Chen W, Wang L. A holistic view of human rights and its application in the context of infectious disease pandemics. *Heliyon.* 19 avr 2024;10(9):e29963.
84. Hagerty A, Rubinov I. *Global AI Ethics: A Review of the Social Impacts and Ethical Implications of Artificial Intelligence.*
85. Paul E, Brown GW, Ridde V, Sturmberg JP. Who is “anti-science”? *Public Health in Practice.* 1 juin 2024;7:100493.
86. Kaur H, Rani V, Kumar M, Sachdeva M, Mittal A, Kumar K. Federated learning: a comprehensive review of recent advances and applications. *Multimed Tools Appl [Internet].* 30 nov 2023 [cité 9 mai 2024]; Disponible sur: <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17737-0>
87. Daniel Nelson. Qu’est-ce que l’apprentissage en quelques coups ? - Unite.AI [Internet]. [cité 9 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.unite.ai/fr/quelques-coups-d%27apprentissage/>

88. Pesapane F, Bracchi DA, Mulligan JF, Linnikov A, Maslennikov O, Lanzavecchia MB, et al. Legal and Regulatory Framework for AI Solutions in Healthcare in EU, US, China, and Russia: New Scenarios after a Pandemic. *Radiation*. déc 2021;1(4):261-76.
89. Khan B, Fatima H, Qureshi A, Kumar S, Hanan A, Hussain J, et al. Drawbacks of Artificial Intelligence and Their Potential Solutions in the Healthcare Sector. *Biomed Mater Devices*. 8 févr 2023;1-8.
90. Conseil National de l'Ordre des Médecins. *Ordomec*. [cité 15 mai 2024]. Code de déontologie médicale. Disponible sur: <https://ordomec.be/fr/avis/deontologie/code-de-deontologie-medicale-interpretation-du/code-de-deontologie-medicale>
91. Damme WV, Dahake R, Delamou A, Ingelbeen B, Wouters E, Vanham G, et al. The COVID-19 pandemic: diverse contexts; different epidemics—how and why? *BMJ Global Health*. 1 juill 2020;5(7):e003098.
92. Lee A, Thornley S, Morris AJ, Sundborn G. Should countries aim for elimination in the covid-19 pandemic? *BMJ*. 9 sept 2020;370:M3410.
93. Seeberg J, Meinert L. Can epidemics be noncommunicable? *Medicine Anthropology Theory* [Internet]. 2015 [cité 30 avr 2024];2(2). Disponible sur: <http://www.medanthrotheory.org/article/view/4599>
94. Kuhn TS. *The structure of scientific revolutions*. 2. ed., enlarged, 21. print. Chicago: Univ. of Chicago Press; 1994. 210 p. (International encyclopedia of unified science).
95. Paul E, Brown GW, Ridde V. COVID-19: time for paradigm shift in the nexus between local, national and global health. *BMJ Glob Health*. 2020;5(4):e002622.
96. Paul E, Brown GW, Kalk A, Van Damme W, Ridde V, Sturmberg J. « When My Information Changes, I Alter My Conclusions. » What Can We Learn From the Failures to Adaptively Respond to the SARS-CoV-2 Pandemic and the Under Preparedness of Health Systems to Manage COVID-19? *Int J Health Policy Manag*. 1 juill 2022;11(7):1241-5.
97. Paul E, Brown GW, Bell D, von Agris JM, Ridde V. Royal Society report: what would a comprehensive evaluation suggest about non-pharmaceutical interventions during COVID-19? *Critical Public Health*. 31 déc 2024;34(1):1-10.
98. Farmer P. Social inequalities and emerging infectious diseases. *Emerg Infect Dis*. 1996;2(4):259-69.
99. Anderson C. *Inside Precision Medicine*. 2024 [cité 14 mai 2024]. Generative AI Identifies Social Determinants of Health from Doctor's Notes. Disponible sur: <https://www.insideprecisionmedicine.com/topics/patient-care/generative-ai-identifies-social-determinants-of-health-from-doctors-notes/>
100. Ayenigbara IO. The evolving nature of artificial intelligence: role in public health and health promotion. *Journal of Public Health*. 16 nov 2023;fdad240.
101. Xue J, Zhang B, Zhao Y, Zhang Q, Zheng C, Jiang J, et al. Evaluation of the Current State of Chatbots for Digital Health: Scoping Review. *J Med Internet Res*. 19 déc 2023;25:e47217.

102. onufrance. ONU France. 2021 [cité 16 mai 2024]. La Covid-19, un accélérateur des inégalités sociales. Disponible sur: <https://unric.org/fr/la-covid-19-un-accelerateur-des-inegalites-sociales/>
103. Feore C. www.euractiv.fr. 2024 [cité 15 mai 2024]. Traité international sur les pandémies : les négociations se prolongent. Disponible sur: <https://www.euractiv.fr/section/sante/news/traite-international-sur-les-pandemies-les-negociations-se-prolongent/>
104. Privor-Dumm L, Excler JL, Gilbert S, Abdool Karim SS, Hotez PJ, Thompson D, et al. Vaccine access, equity and justice: COVID-19 vaccines and vaccination. *BMJ Glob Health*. 8 juin 2023;8(6):e011881.
105. World Bank. World Bank. [cité 16 mai 2024]. Three Paths to Accelerating Digital Access in West and Central Africa. Disponible sur: <https://www.banquemondiale.org/fr/news/opinion/2021/08/23/three-paths-to-accelerating-digital-access-in-west-and-central-africa>
106. Wolff J, Pauling J, Keck A, Baumbach J. The Economic Impact of Artificial Intelligence in Health Care: Systematic Review. *Journal of Medical Internet Research*. 20 févr 2020;22(2):e16866.
107. Alami H, Lehoux P, Auclair Y, de Guise M, Gagnon MP, Shaw J, et al. Artificial Intelligence and Health Technology Assessment: Anticipating a New Level of Complexity. *J Med Internet Res*. 7 juill 2020;22(7):e17707.
108. Bélisle-Pipon JC, Couture V, Roy MC, Ganache I, Goetghebeur M, Cohen IG. What Makes Artificial Intelligence Exceptional in Health Technology Assessment? *Front Artif Intell*. 2 nov 2021;4:736697.
109. MIT Lincoln Laboratory. AI models are devouring energy. Tools to reduce consumption are here, if data centers will adopt. [Internet]. [cité 21 mai 2024]. Disponible sur: <https://www.ll.mit.edu/news/ai-models-are-devouring-energy-tools-reduce-consumption-are-here-if-data-centers-will-adopt>
110. Columbia. AI's Growing Carbon Footprint – State of the Planet [Internet]. 2023 [cité 21 mai 2024]. Disponible sur: <https://news.climate.columbia.edu/2023/06/09/ais-growing-carbon-footprint/>
111. Loewenson R, Accoe K, Bajpai N, Buse K, Deivanayagam TA, London L, et al. Reclaiming comprehensive public health. *BMJ Global Health*. 1 sept 2020;5(9):e003886.
112. PRISMA. PRISMA statement. [cité 28 mai 2024]. Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) Checklist. Disponible sur: <https://www.prisma-statement.org/scoping>

Annexes :

1. Annexe 1 : Équation de recherche pour les trois bases de données

Base de données / plateforme	Équation
Medline via PubMed	("Artificial Intelligence" [Title/Abstract] OR "AI" [Title/Abstract] OR "Machine Learning" [Title/Abstract] OR "Deep Learning" [Title/Abstract] OR Chatbot* [Title/Abstract] OR "Natural Language Processing" [Title/Abstract] OR "NLP"[Title/Abstract] OR "Conversational Agent" [Title/Abstract] OR "Generative AI" [Title/Abstract] OR "Expert system" [Title/Abstract] OR "Intelligence Algorithm" [Title/Abstract] OR "Cognitive automation" [Title/Abstract] OR "Large Language Models") AND ("Pandemic Preparedness" [Title/Abstract] OR "Pandemic Response" [Title/Abstract] OR "Pandemic Control" [Title/Abstract] OR "Health Crisis"[Title/Abstract])
SCOPUS	<u>Equation:</u> TITLE-ABS-KEY ("Artificial Intelligence" OR "AI" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning" OR chatbot* OR "Natural Language Processing" OR "NLP" OR "Conversational Agent" OR "Generative AI" OR "Expert system" OR "Intelligence Algorithm" OR "Cognitive Automation" OR "Large Language Models") AND TITLE-ABS-KEY ("Pandemic Preparedness" OR "Pandemic Response" OR "Pandemic Control" OR "Health Crisis") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ch") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "bk") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "cr") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "no") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ed") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "sh") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "le") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "dp"))
Proquest	TI("Artificial Intelligence" OR "AI" OR "Machine Learning" OR "Deep Learning" OR Chatbot* OR "Natural Language Processing" OR "NLP" OR "Conversational Agent" OR "Generative AI" OR "Expert system" OR "Intelligence Algorithm" OR "Cognitive Automation" OR "Large Language Models") AND ("Pandemic preparedness" OR "Pandemic Response" OR "Pandemic Control" OR "Health Crisis")

Tableau 4. Équation de recherche

2. Annexe 2 : Checklist Prisma complétée

Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) Checklist (112)

SECTION	ITEM	PRISMA-ScR CHECKLIST ITEM	REPORTED ON PAGE #
TITLE			
Title	1	Identify the report as a scoping review.	N/A
ABSTRACT			
Structured summary	2	Provide a structured summary that includes (as applicable): background, objectives, eligibility criteria, sources of evidence, charting methods, results, and conclusions that relate to the review questions and objectives.	ii
INTRODUCTION			
Rationale	3	Describe the rationale for the review in the context of what is already known. Explain why the review questions/objectives lend themselves to a scoping review approach.	8
Objectives	4	Provide an explicit statement of the questions and objectives being addressed with reference to their key elements (e.g., population or participants, concepts, and context) or other relevant key elements used to conceptualize the review questions and/or objectives.	7
METHODS			
Protocol and registration	5	Indicate whether a review protocol exists; state if and where it can be accessed (e.g., a Web address); and if available, provide registration information, including the registration number.	N/A
Eligibility criteria	6	Specify characteristics of the sources of evidence used as eligibility criteria (e.g., years considered, language, and publication status), and provide a rationale.	8-9
Information sources*	7	Describe all information sources in the search (e.g., databases with dates of coverage and contact with authors to identify additional sources), as well as the date the most recent search was executed.	9-10
Search	8	Present the full electronic search strategy for at least 1 database, including any limits used, such that it could be repeated.	9-10,59
Selection of sources of evidence†	9	State the process for selecting sources of evidence (i.e., screening and eligibility) included in the scoping review.	8-11
Data charting process‡	10	Describe the methods of charting data from the included sources of evidence (e.g., calibrated forms or forms that have been tested by the team before their use, and whether data charting was done independently or in duplicate) and any processes for obtaining and confirming data from investigators.	12
Data items	11	List and define all variables for which data were sought and any assumptions and simplifications made.	12
Critical appraisal of individual sources of evidence§	12	If done, provide a rationale for conducting a critical appraisal of included sources of evidence; describe the methods used and how this information was used in any data synthesis (if appropriate).	11

SECTION	ITEM	PRISMA-ScR CHECKLIST ITEM	REPORTED ON PAGE #
Synthesis of results	13	Describe the methods of handling and summarizing the data that were charted.	12
RESULTS			
Selection of sources of evidence	14	Give numbers of sources of evidence screened, assessed for eligibility, and included in the review, with reasons for exclusions at each stage, ideally using a flow diagram.	13
Characteristics of sources of evidence	15	For each source of evidence, present characteristics for which data were charted and provide the citations.	14-19
Critical appraisal within sources of evidence	16	If done, present data on critical appraisal of included sources of evidence (see item 12).	N/A
Results of individual sources of evidence	17	For each included source of evidence, present the relevant data that were charted that relate to the review questions and objectives.	19-32
Synthesis of results	18	Summarize and/or present the charting results as they relate to the review questions and objectives.	14,19
DISCUSSION			
Summary of evidence	19	Summarize the main results (including an overview of concepts, themes, and types of evidence available), link to the review questions and objectives, and consider the relevance to key groups.	33-46
Limitations	20	Discuss the limitations of the scoping review process.	48
Conclusions	21	Provide a general interpretation of the results with respect to the review questions and objectives, as well as potential implications and/or next steps.	33-50
FUNDING			
Funding	22	Describe sources of funding for the included sources of evidence, as well as sources of funding for the scoping review. Describe the role of the funders of the scoping review.	N/A

JBI = Joanna Briggs Institute; PRISMA-ScR = Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews.

* Where *sources of evidence* (see second footnote) are compiled from, such as bibliographic databases, social media platforms, and Web sites.

† A more inclusive/heterogeneous term used to account for the different types of evidence or data sources (e.g., quantitative and/or qualitative research, expert opinion, and policy documents) that may be eligible in a scoping review as opposed to only studies. This is not to be confused with *information sources* (see first footnote).

‡ The frameworks by Arksey and O'Malley (6) and Levac and colleagues (7) and the JBI guidance (4, 5) refer to the process of data extraction in a scoping review as data charting.

§ The process of systematically examining research evidence to assess its validity, results, and relevance before using it to inform a decision. This term is used for items 12 and 19 instead of "risk of bias" (which is more applicable to systematic reviews of interventions) to include and acknowledge the various sources of evidence that may be used in a scoping review (e.g., quantitative and/or qualitative research, expert opinion, and policy document).

From: Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.* 2018;169:467–473. doi: [10.7326/M18-0850](https://doi.org/10.7326/M18-0850).

3. Annexe 3 : Évaluation de qualité des textes et opinions - JBI critical appraisal checklist for text and opinion papers (47)

JBI Critical Appraisal Checklist for textual evidence: expert opinion

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Is the source of the opinion clearly identified?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Does the source of opinion have standing in the field of expertise?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Are the interests of the relevant population the central focus of the opinion?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Does the opinion demonstrate a logically defended argument to support the conclusions drawn?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Is there reference to the extant literature?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Is any incongruence with the literature/sources logically defended?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

4. Annexe 4 : tableaux des résultats de l'évaluation de qualité des textes et opinions selon le JBI critical appraisal checklist for text and opinion papers.

	Critical appraisal checklist for text and opinion papers								
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	%	Inclusion	
Anjaria P et al (2023)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Arora N et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Cave S (2021)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Davies S (2019)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	y	
Debnath S et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Hu Y et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Leslie D et al (2021)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Lin L et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Luengo-Oroz M et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Lumb R et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Miner A et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Naudé W (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Parums D et al (2023)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Sezgin E et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Shachar C et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	

Williams C et al (2021)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Yu M et al (2021)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100	Y	
Patel M (2023)	Y	Y	Y	Y	N	Y	83	N	L'article manquait de transparence quant aux sources mobilisées. Il semble s'être inspiré d'une autre source: « The role of artificial intelligence in tackling COVID-19 » de Neelima Arora et al (2020), mais ne l'a pas sourcé de manière adéquate. Par mesure de précaution il a été décidé de l'exclure de notre revue. L'identification adéquate des sources étant considérée dans notre revue comme un critère majeur entraînant une exclusion.

Tableau 5. Évaluation de qualité des textes et opinions

5. Annexe 5 : Évaluation de qualité des recherches qualitatives – JBI critical appraisal checklist for qualitative research (46)

JBI Critical Appraisal Checklist for Qualitative Research

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Is there congruity between the stated philosophical perspective and the research methodology?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Is there congruity between the research methodology and the research question or objectives?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Is there congruity between the research methodology and the methods used to collect data?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Is there congruity between the research methodology and the representation and analysis of data?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Is there congruity between the research methodology and the interpretation of results?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Is there a statement locating the researcher culturally or theoretically?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Is the influence of the researcher on the research, and vice-versa, addressed?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Are participants, and their voices, adequately represented?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Is the research ethical according to current criteria or, for recent studies, and is there evidence of ethical approval by an appropriate body?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Do the conclusions drawn in the research report flow from the analysis, or interpretation, of the data?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

6. Annexe 6 : tableaux des résultats de l'évaluation de qualité des recherches qualitatives - JBI critical appraisal checklist for qualitative research

	Critical Appraisal Checklist for Qualitative Research											
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	%	Inclusion
Judson T et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	80%	Y
McKillop, M. et al (2021)	Y	Y	Y	Y	Y	N	U	U	Y	Y	70%	Y
Perez-Ramos, j et al (2023)	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	U	Y	Y	70%	Y
Siedlikowski, S. et al (2021)	Y	Y	Y	Y	Y	U	U	U	Y	Y	70%	Y
Taryudi, T. et al (2022)	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	80%	Y
Yoo et Lee (2022)	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	80%	Y
Wai Wong, et al (2023)	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	80%	Y
Wang, W. T. et al (2022)	Y	Y	Y	Y	Y	N	N	Y	Y	Y	80%	Y

Tableau 6. Évaluation de qualité des recherches qualitatives

7. Annexe 7 : Évaluation de qualité des études transversales- JBI critical appraisal checklist for analytical cross-sectional studies (48)

JBI Critical Appraisal Checklist for analytical cross sectional studies

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	Not applicable
1. Were the criteria for inclusion in the sample clearly defined?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Were the study subjects and the setting described in detail?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Was the exposure measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Were objective, standard criteria used for measurement of the condition?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Were confounding factors identified?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Were strategies to deal with confounding factors stated?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Were the outcomes measured in a valid and reliable way?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Was appropriate statistical analysis used?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

8. Annexe 8 : tableaux des résultats de l'évaluation de qualité des études transversales- JBI critical appraisal checklist for analytical cross-sectional studies

Critical appraisal for analytical cross-sectional studies										
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	%	Inclusion
Ahun, E. et al (2023)	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	87,5%	Y
Bai, H. X. et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	87.5%	Y
Carlile, M et al (2020)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	100%	Y
Estiri , H. et al	Y	Y	Y	Y	U	U	Y	Y	75%	Y

Tableau 7. Évaluation de qualité des études transversale

9. Annexe 9 : Évaluation de qualité des études randomisées contrôlées -JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials (49)

JBI Critical Appraisal Checklist for Randomized Controlled Trials

Reviewer _____ Date _____

Author _____ Year _____ Record Number _____

	Yes	No	Unclear	NA
1. Was true randomization used for assignment of participants to treatment groups?				
2. Was allocation to treatment groups concealed?				
3. Were treatment groups similar at the baseline?				
4. Were participants blind to treatment assignment?				
5. Were those delivering treatment blind to treatment assignment?				
6. Were outcomes assessors blind to treatment assignment?				
7. Were treatment groups treated identically other than the intervention of interest?				
8. Was follow up complete and if not, were differences between groups in terms of their follow up adequately described and analyzed?				
9. Were participants analyzed in the groups to which they were randomized?				
10. Were outcomes measured in the same way for treatment groups?				
11. Were outcomes measured in a reliable way?				
12. Was appropriate statistical analysis used?				
13. Was the trial design appropriate, and any deviations from the standard RCT design (individual randomization, parallel groups) accounted for in the conduct and analysis of the trial?				

Overall appraisal: Include Exclude Seek further info

Comments (Including reason for exclusion)

10. Annexe 10: Tableaux des résultats de l'évaluation de qualité des études randomisées contrôlées -JBI critical appraisal checklist for randomized controlled trials :

	Critical Appraisal Checklist for randomized controlled trials													%	Inclus
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13		
Lee, K. Y. et al (2023)	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	N	Y	Y	Y	Y	Y	92	Y

Tableau 8. Evaluation de qualité des études randomisées contrôlée

11. Annexe 11 : Raison d'exclusion lecture texte intégral

Titre	Année	Auteur	Raison de l'exclusion
Machine and Deep Learning towards COVID-19 Diagnosis and Treatment: Survey, Challenges, and Future Directions	2021		Revue de la littérature
An optimization model for planning testing and control strategies to limit the spread of a pandemic - The case of COVID-19	2023	Abdin, A. F et al	Présentation d'un modèle
The efficacy of deep learning based LSTM model in forecasting the outbreak of contagious diseases	2022	Absar, N. et al	Présentation d'un modèle
Healthcare professionals satisfaction and AI-based clinical decision support system in public sector hospitals during health crises: a cross-sectional study	2023	Ahmad, N. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
An IoT-Based Deep Learning Framework for Early Assessment of Covid-19	2021	Ahmed, I. et al	Présentation d'un modèle
The Integral Role of Intelligent IoT System, Cloud Computing, Artificial Intelligence, and 5G in the User-Level Self-Monitoring of COVID-19	2023	Ahmed, S et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
The Role of Natural Language Processing during the COVID-19 Pandemic: Health Applications, Opportunities, and Challenges	2022	Al-Garadi, M. A. et al	Revue de la littérature
iResponse: An AI and IoT-Enabled Framework for Autonomous COVID-19 Pandemic Management	2021	Alam, F et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Data-driven methods for present and future pandemics: Monitoring, modelling and managing	2021	Alamo, T. et al	Revue de la littérature
Developing Trusted IoT Healthcare Information-Based AI and Blockchain	2023	AlGhamdi, R et al	Présentation d'un modèle
A New Model Design for Combating COVID -19 Pandemic Based on SVM and CNN Approaches	2023	Alnedawe, S. M. et al	Présentation d'un modèle
COVID-19 advising application development for Apple devices (iOS)	2023	Alshahrani, S. M. et al	Présentation d'un modèle
Analysis of Machine Learning and Ensemble Methods for Forecasting COVID-19 Cases in California	2023		Pas sur les risques / limites et effets positifs
Artificial Intelligence Based Sentiment Analysis for Health Crisis Management in Smart Cities	2022	Anwer M et al	Présentation d'un modèle
Artificial intelligence applied to analyzes during the pandemic: COVID-19 beds occupancy in the state of Rio Grande do Norte, Brazil	2023	Barreto, T. D. O. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Call for better systems and data to support artificial intelligence for pandemic response	2022	Bates, D et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Blockchain and artificial intelligence applications to defeat COVID-19 pandemic	2021	Baz, M. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Data-driven scalable pipeline using national agent-based models for real-time pandemic response and decision support	2023	Bhattacharya, P. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
WHO's Community-Centered Epidemic and Pandemic Information Platform: Hive	2023	Bri et al	Pas sur la thématique de recherche
Community-Centered User Research for the Development of the WHO's Epidemic and Pandemic Preparedness Platform, the Hive	2023	Bri et al	Pas sur la thématique de recherche
Community-Centered Epidemic and Pandemic Information and Engagement Platform, the Hive	2023	Bri et al	Pas sur la thématique de recherche
Artificial intelligence and pandemic control: Digital biopolitics and the end of the era of humanism	2020	Cantarini, P.	Pas d'accès au texte intégral
Early Stage Identification of COVID-19 Patients in Mexico Using Machine Learning: A Case Study for the Tijuana General Hospital	2021	Castillo-Olea, C et al	Pas sur la thématique de recherche
A novel framework for the automated healthcare disaster based on intellectual machine learning	2023	Catherine J et al	Pas sur la thématique de recherche
An AI-Based Medical Chatbot Model for Infectious Disease Prediction	2022	Chakraborty, S. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Running ahead of evolution: AI-based simulation for predicting future high-risk SARS-CoV-2 variants	2023	Chen, J et al	Présentation d'un modèle
Machine learning for emerging infectious disease field responses	2022	Chiu, H. Y. R. et al	Présentation d'un modèle
Audio-based AI classifiers show no evidence of improved COVID-19 screening over simple symptoms checkers	2024	Coppock, H et al	Présentation d'un modèle
Using machine learning on clinical data to identify unexpected patterns in groups of COVID-19 patients	2023	Cowley, H et al	Présentation d'un modèle
Acceptability and Effectiveness of COVID-19 Contact Tracing Applications: A Case Study in Saudi Arabia of the Tawakkalna Application	2023	Dawood, S. et al	Pas sur la thématique de recherche
Pandemic Analytics by Advanced Machine Learning for Improved Decision Making of COVID-19 Crisis	2021	Demertzis, K et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Application of Big Data and Artificial Intelligence in COVID-19 Prevention, Diagnosis, Treatment and Management Decisions in China	2021	Dong, J et al	Revue de la littérature
Real-Time Face Mask Detection to Ensure COVID-19 Precautionary Measures in the Developing Countries	2022	Farman, H. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Harnessing the Power of Blockchains and Machine Learning to End the COVID-19 Pandemic	2020	Fatoum, H et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Through the looking glass: envisioning new library technologies: pandemic response technologies: tracking technologies and artificial intelligence	2020	Fernandez, P.	Pas d'accès au texte intégral
Governing AI during a pandemic crisis: Initiatives at the EU level	2023	Fontes, C. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Drivers and social implications of Artificial Intelligence adoption in healthcare during the COVID-19 pandemic	2021	Frank, D et al	Pas sur la thématique de recherche
Horizon Scanning: Rise of Planetary Health Genomics and Digital Twins for Pandemic Preparedness	2022	Geanta, M. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Emerging Technologies Used in Health Management and Efficiency Improvement During Different Contact Tracing Phases Against COVID-19 Pandemic	2023	Gendy, M. E. G. et al	Pas d'accès au texte intégral
Guest Editorial: AI-Enabled Networking Technologies for Tackling Epidemic Diseases	2021	Guizani, N et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Predicting health crises from early warning signs in patient medical records	2022	Gumustop, S. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Machine learning analysis of government's public risk communication during COVID-19 lockdown in Wuhan, China	2023	Guo, C. et al	Pas sur la thématique de recherche

PaCAR: COVID-19 Pandemic Control Decision Making via Large-Scale Agent-Based Modeling and Deep Reinforcement Learning	2022	Guo, X. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Data-Driven and Machine-Learning Methods to Project Coronavirus Disease 2019 Pandemic Trend in Eastern Mediterranean	2021	Huang, W. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Data revolution, health status transformation and the role of artificial intelligence for health and pandemic preparedness in the African context	2021	Ibeneme, S. et al	Extrait de conférence
Chatbot as an emergency exist: Mediated empathy for resilience via human-AI interaction during the COVID-19 pandemic	2022	Jiang, Q. et al	Pas sur la thématique de recherche
Forecasting COVID-19 Infection Rates with Artificial Intelligence Model	2022	Jingye, J. Y. et al	Pas d'accès au texte intégral
Optimal control strategy for COVID-19 developed using an AI-based learning method	2023	Kakulapati, V. et al	Pas d'accès au texte intégral
Improved healthcare disaster decision-making utilizing information extraction from complementary social media data during the COVID-19 pandemic	2023	Kellner, D. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
A Survey of Deep Learning Techniques for the Analysis of COVID-19 and their usability for Detecting Omicron	2023	Khan, A. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Blockchain-Based Trusted Tracking Smart Sensing Network to Prevent the Spread of Infectious Diseases	2024	Khan, R. U. et al	Pas d'accès au texte intégral
Communicative Development and Diffusion of Humanoid AI Robots for the Post-Pandemic Health Care System	2021	Kim, D.K.D. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Leveraging Responsible, Explainable, and Local Artificial Intelligence Solutions for Clinical Public Health in the Global South	2023	Kong, J. D. et al	Pas sur la thématique de recherche
Artificial intelligence: changing the scenario of COVID-19	2020	Kumari, P. L. et al	Pas d'accès au texte intégral
Artificial intelligence-based approaches for COVID-19 patient management	2021	Lan, L. et al	Revue de la littérature
Predicting the Tide of the Pandemic: An In-Depth Analysis of Forecasting Models for COVID-19 in Cantabria	2023	Lastra, A. L. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
What Can COVID-19 Teach Us about Using AI in Pandemics?	2020	Laudanski, K. et al	Revue de la littérature
COVID-19 Pandemic Response Robot	2022	Lee, M. F. R. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Early Prediction of COVID-19 Associated Hospitalization at the Time of CDC Contact Tracing using Machine Learning: Towards Pandemic Preparedness	2023	Liang, C. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Deep Learning for Detecting COVID-19 Using Medical Images	2022	Liu, J. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Patients' Preferences for Artificial Intelligence Applications Versus Clinicians in Disease Diagnosis During the SARS-CoV-2 Pandemic in China: Discrete Choice Experiment	2021	Liu, T. et al	Pas sur la thématique de recherche
Monitoring COVID-19 pandemic through the lens of social media using natural language processing and machine learning	2021	Liu, Y. et al	Pas sur la thématique de recherche
An infodemiological framework for tracking the spread of SARS-CoV-2 using integrated public data	2022	Liu, Z. et al	Pas sur la thématique de recherche
A machine learning algorithm to analyse the effects of vaccination on COVID-19 mortality	2022	Magazzino, C. et al	Pas sur la thématique de recherche
Automated Inspection of Face Mask and Social Distancing Using Artificial Intelligence	2020	Malarvizhi, S. P. et al	Présentation d'un modèle
Challenges and opportunities of digital health in a post-COVID19 world	2021	Manteghinejad, A. et al	Pas spécifique à l'IA
An artificial intelligence-based first-line defence against COVID-19: digitally screening citizens for risks via a chatbot	2020	Martin, A. et al	Présentation d'un modèle
Pandemic Analytics: How Countries are Leveraging Big Data Analytics and Artificial Intelligence to Fight COVID-19?	2022	Mehta, N. et al	Revue de la littérature
Potential of artificial intelligence to accelerate diagnosis and drug discovery for COVID-19	2021	Mikkili, I. Et al	Revue de la littérature
A Blockchain and Artificial Intelligence-Based, Patient-Centric Healthcare System for Combating the COVID-19 Pandemic: Opportunities and Applications	2021	Mohamed Yaseen, J. et al	Revue de la littérature
Use characteristics and triage acuity of a digital symptom checker in a large integrated health system: Population-based descriptive study	2020	Morse, K. E. et al	Pas sur la thématique de recherche
Predicting Mortality in Hospitalized COVID-19 Patients in Zambia: An Application of Machine Learning	2023	Mulenga, C. et al	Présentation d'un modèle
Intelligent system for COVID-19 prognosis: a state-of-the-art survey	2021	Nayak, J. et al	Revue de la littérature
Data-driven technologies for global healthcare practices and COVID-19: opportunities and challenges	2023	Ogbuke, N. et al	Présentation d'un modèle
Examining the Implementation of Digital Health to Strengthen the COVID-19 Pandemic Response and Recovery and Scale up Equitable Vaccine Access in African Countries	2022	Olusanya, O. A. et al	Pas spécifique à l'IA
Governing a Pandemic with Data on the Contactless Path to AI: Personal Data, Public Health, and the Digital Divide in South Korea, Europe and the United States in Tracking of COVID-19	2021	Park, June	Pas d'accès au texte intégral
Autonomous Mobile Robots Using Machine Learning Methods to Recognise the Rapid Spread of the Ongoing COVID-19 Epidemic	2022	Petrescu, A.G. et al	Présentation d'un modèle
The Role of Artificial Intelligence in Fighting the COVID-19 Pandemic	2021	Piccialli, F. et al	Revue de la littérature
Exploring public opinion about telehealth during COVID-19 by social media analytics	2022	Pool, J. et al	Pas sur la thématique de recherche
General public's attitude toward governments implementing digital contact tracing to curb COVID-19: a study based on natural language processing	2022	Praveen, S. V. et al	Pas sur la thématique de recherche
EARS - A WHO Platform for AI-Supported Real-Time Online Social Listening of COVID-19 Conversations	2021	Purnat, T. D. et al	Pas sur la thématique de recherche
An ensemble learning based approach for detecting and tracking COVID19 rumors	2021	Qasem, S. N. et al	Présentation d'un modèle
The Far-reaching Implications of China's AI-powered Surveillance State Post-COVID	2023	Racine, E. et al	Pas sur la thématique de recherche
IoT and Blockchain-Based Mask Surveillance System for COVID-19 Prevention Using Deep Learning	2022	Rahman, W. et al	Présentation d'un modèle
Detection of recovery of covid-19 cases using machine learning	2021	Raj, J. V. et al	Présentation d'un modèle
Forecasting new diseases in low-data settings using transfer learning	2022	Roster, K. et al	Présentation d'un modèle

Model-Based Prediction and Optimal Control of Pandemics by Non-Pharmaceutical Interventions	2022	Sameni, R. et al	Présentation d'un modèle
An interactive national digital surveillance system to fight against COVID-19 in Bangladesh	2023	Sarker, F. et al	Présentation d'un modèle
Artificial intelligence and the future of global health	2020	Schwalbe, N. et al	Revue de la littérature
COVID-19 Vaccines Related User's Response Categorization Using Machine Learning Techniques	2022	Shahzad, A. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
AI should focus on equity in pandemic preparedness	2023	Shen, Y. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Design of a visual attention model for communication campaigns: The case of COVID-19	2020	Silva-Torres, J. J. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
COVID-19 prediction using AI analytics for South Korea	2021	Sinha, A. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Pandemic policy assessment by artificial intelligence	2022	Song, S. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Rethinking pandemic preparedness in the Anthropocene	2020	Stephen, C. et al	Pas sur la thématique de recherche
COVID-19 has illuminated the need for clearer AI-based risk management strategies	2022	Swanson, T. et al	Pas d'accès au texte intégral
Sparkling Innovation in a Crisis: An IoT Sensor Location-Based Early Warning System for Pandemic Control	2022	Tasic, I. et al	Présentation d'un modèle
The effects of the COVID-19 pandemic for artificial intelligence practitioners: the decrease in tacit knowledge sharing	2023	Toscani, G. et al	Pas sur la thématique de recherche
Agent-based social simulations for health crises response: utilising the everyday digital health perspective	2023	Tucker, J. et al	Pas sur la thématique de recherche
The Essential Role of Technology in the Public Health Battle Against COVID-19	2020	Uohara, M. Y. et al	Pas d'accès au texte intégral
Integrating Digital Technologies and Public Health to Fight Covid-19 Pandemic: Key Technologies, Applications, Challenges and Outlook of Digital Healthcare	2021	Wang, Q. et al	Pas spécifique à l'IA
Artificial intelligence against the first wave of COVID-19: evidence from China	2022	Wang, T. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
An Adaptive Digital Intelligence System to Support Infodemic Management: The WHO EARS Platform	2023	White, B. et al	Pas d'accès au texte intégral
Using Machine Learning Technology (Early Artificial Intelligence-Supported Response With Social Listening Platform) to Enhance Digital Social Understanding for the COVID-19 Infodemic: Development	2023	White, B. K. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
The impact of public health emergency governance based on artificial intelligence	2022	Zheng, H. et al	Présentation d'un modèle
Optimizing two-dose vaccine resource allocation to combat a pandemic in the context of limited supply: The case of COVID-19	2023	Zhu, J. et al	Pas sur la thématique de recherche
Time-Series Analysis and Healthcare Implications of COVID-19 Pandemic in Saudi Arabia	2022	Zrieg, R. et al	Présentation d'un modèle
COVID-19: artificial intelligence solutions, prediction with country cluster analysis, and time-series forecasting	2023	Karanam, S.D. et al	Livre
Migration, mobility and digital technology in a post-COVID-19 world: Initial reflections on transformations underway	2021	McAuliffe, M. et al	Livre
Internet of things and artificial intelligence in biomedical systems	2022	Rajeswari, S.V.K.R. et al	Livre
A Robust System to Detect and Explain Public Mask Wearing Behavior	2023	Gupta, A. et al	Livre
Accountable Risk Management in Healthcare During the COVID-19 Pandemic; the Role of STSA and AI	2024	McDonald, N. et al	Livre
Challenges and potential solutions in the development of COVID-19 pandemic control measures	2021	Azizi, H. et al	Pas sur la thématique de recherche
GLOBAL HEALTHCARE DISASTERS: Predicting the Unpredictable with Emerging Technologies	2022	Garg, A. et al	Livre
Industry 4.0 and Intelligent Business Analytics for Healthcare	2022	Dutta, S. et al	Pas sur la thématique de recherche
Containing COVID-19 in China: AI and the robotic restructuring of future cities	2020	Chen, B. et al	Pas sur la thématique de recherche
The use of digital technologies in the response to SARS-2 CoV2-19 in the public health sector	2022	Neal Joshua, E.S. et al	Livre
Harnessing artificial intelligence in the post-COVID-19 era: A global health imperative	2023	Gulumbé, B.H. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Social health protection during the COVID-pandemic using IoT	2023	Reddy, M.A. et al	Livre
COVID-19 AND OTHER DISASTERS: APPLYING THE LESSONS LEARNED	2022	Desourdis, R.I. et al	Livre
The role of AI in digital contact tracing	2021	Abbar, S. et al	Livre
Role of big geospatial data in the COVID-19 crisis	2021	Mir, S.A. et al	Livre
COVID-19: What We Learned from a Global Health Crisis	2022	Lawry, T. et al	Livre
AI for Drug Repurposing in the Pandemic Response	2022	Truong, A.T.L. et al	Livre
AI and the Infectious Medicine of COVID-19	2022	Andriasyan, V. et al	Livre
The Rise of AI: How Artificial Intelligence is Revolutionizing Infectious Disease Control	2023	Siddig, E.E. et al	Pas sur les risques / limites et effets positifs
Role of artificial intelligence based wireless sensor network for pandemic control: A case study using CupCarbon	2021	Sharma, P. et al	Livre
Healthcare Technology for Reducing the Risk and the Spread of COVID-19 Pandemic and Other Epidemics	2022	Dutta, S. et al	Livre

Tableau 9. Raison d'exclusion texte intégrale

