

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR

UNIVERSITE DE YAOUNDE II SOA

ÉCOLE SUPERIEURE DES SCIENCES
ET TECHNIQUES DE L'INFORMATION
ET DE LA COMMUNICATION

(ESSTIC)



REPUBLIC OF CAMEROON

Peace – Work – Fatherland

MINISTRY OF HIGHER EDUCATION

UNIVERSITY OF YAOUNDE II
SOA

ADVANCED SCHOOL OF MASS
COMMUNICATION
(ASMAC)

B.P. / PO Box 1328 Yaoundé Cameroun

Tél/Fax: (+237)2 42 16 08 80

E-mail essticuy2@yahoo.fr

MÉMOIRE PROFESSIONNEL

INTÉLLIGENCE ARTIFICIELLE ET SANTE GLOBALE : DÉFIS, OPPORTUNITÉS, PERSPECTIVES EN AFRIQUE

Présenté en vue de l'obtention d'un Master en Humanités Numériques

Présenté et soutenu par :

NGOMBI OUM Samuel

Sous la direction de :

Dr Thomas Hervé NKOUDOU MBOA

Chargé de cours à l'ESSTIC, Université de Yaoundé II

Sous la supervision du :

Pr Alain ASSOMO

Maitre de conférences, Université de Yaoundé II

2023/2024 Année Académique

SOMMAIRE

DÉDICACE	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	v
RÉSUMÉ	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
PREMIÈRE PARTIE : REVUE DE LA LITTÉRATURE	6
Chapitre 1 : Les fondements de l'IA	7
Chapitre 2 : Un aperçu des promesses de l'IA	21
DEUXIÈME PARTIE : PROBLÉMATIQUE	34
Chapitre 3 : IA, santé Globale	36
Chapitre 4 : Défis liés à l'adoption de l'IA en Afrique.....	45
TROISIÈME PARTIE : Méthodologie	56
Chapitre 5 : Positionnement Epistémologique	57
CHAPITRE 6 : Design de recherche.....	74
QUATRIÈME PARTIE : Résultats et interprétations	89
Chapitre 7 : Etat de la recherche sur l'ia appliquée à la santé globale	90
CONCLUSION : PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS FUTURES POUR LE CAMEROUN	120
RECOMMANDATIONS POUR L'ADOPTION ACCRUE ET L'OPTIMISATION DE L'IA EN SANTÉ AU CAMEROUN.	126
BIBLIOGRAPHIE	128
ANNEXES	138
TABLE DES MATIERES	140

DÉDICACE

À mes parents

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de mon mémoire de master. Leur soutien et leurs encouragements ont été essentiels pour mener à bien ce projet académique.

- Professeurs et Tuteurs : Je remercie chaleureusement mes professeurs et tuteurs pour leurs précieux conseils, leur expertise et leur disponibilité. Leurs retours constructifs ont grandement enrichi mon travail.
- Amis et Collègues : Mes amis et collègues ont été une source d'inspiration et de motivation. Leurs discussions et échanges ont nourri ma réflexion et m'ont permis d'avancer dans ma recherche.
- Famille : Ma famille a été mon pilier tout au long de ce parcours. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été ma force.
- Enfin, je n'oublie pas de citer les travaux de recherche et les références qui ont enrichi mon mémoire.

Merci à tous pour cette belle aventure académique !

LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS

BERT : Bidirectional Encoder Representations from Transformers

CaDet : un système expert pour l'identification du cancer

GPT-3 : Generative Pre-trained Transformer 3

GPU : Unité de Traitement Graphique

IA : Intelligence Artificielle

MYCIN : un système expert médical

NER : Reconnaissance d'Entité Nommée

PNL : Traitement du Langage Naturel

RNN : Réseaux de Neurones Récurrents

Snarc : Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator

SVM : Machines à Vecteurs de Support

T5 : Text-To-Text Transfer Transformer

RÉSUMÉ

Ce mémoire explore l'utilisation de l'intelligence artificielle (IA) en santé globale en Afrique, mettant en lumière ses opportunités, défis et perspectives. En adoptant une approche qualitative basée sur des études de cas, elle répond à la question fondamentale sur la contribution de l'IA à l'amélioration de la santé en Afrique, tout en tenant compte des spécificités locales. L'IA en santé en Afrique est identifiée comme un domaine émergent avec le potentiel d'améliorer la prévention, le diagnostic, le traitement, la surveillance et les compétences des professionnels de la santé.

Cependant, la dynamique positive est accompagnée de défis, notamment l'adoption éthique, la réglementation, la sécurité des données, la formation et l'inclusion. L'étude préconise une approche holistique, collaborative et responsable, soulignant la nécessité d'aligner l'IA sur les besoins locaux. Les résultats indiquent des exemples réussis d'utilisation de l'IA, mais des lacunes persistent, notamment le manque de données, d'infrastructures, de financements et de coordination entre les acteurs.

La conclusion propose des recommandations pour l'adoption accrue de l'IA en santé au Cameroun. Ces recommandations incluent l'adoption d'une stratégie nationale, la collaboration entre les acteurs, la création d'un cadre réglementaire et éthique, la promotion de l'inclusion, l'investissement dans les infrastructures, le développement d'algorithmes adaptés, la gouvernance robuste, la sensibilisation citoyenne et l'adaptation aux besoins locaux.

Les défis cruciaux tels que le biais, la vie privée, la fausse déclaration, l'accès aux données, la puissance de calcul, la boîte noire, l'Open-Source, la propriété intellectuelle, la responsabilité, l'emploi, la coordination internationale et le défi existentiel sont identifiés. Les recommandations soulignent la nécessité de cadres locaux d'IA au Cameroun, en mettant en avant une approche attentive et contextualisée.

Cette étude appelle à une utilisation éthique, équitable et durable de l'IA en santé en Afrique, encourageant une réflexion critique sur son impact au-delà des dimensions économiques. Elle met en garde contre les défis éthiques, juridiques et sociaux, soulignant l'importance de respecter les droits humains et de protéger les données personnelles dans l'adoption de l'IA en santé au Cameroun et en Afrique.

ABSTRACT

This dissertation explores the use of artificial intelligence (AI) in global health in Africa, highlighting its opportunities, challenges and prospects. By adopting a qualitative approach based on case studies, it answers the fundamental question about the contribution of AI to improving health in Africa, while taking into account local specificities. Health AI in Africa is identified as an emerging area with the potential to improve prevention, diagnosis, treatment, surveillance and the skills of healthcare professionals.

However, positive momentum comes with challenges, including ethical adoption, regulation, data security, training and inclusion. The study advocates a holistic, collaborative and responsible approach, highlighting the need to align AI with local needs. The results indicate successful examples of AI use, but gaps remain, including lack of data, infrastructure, funding and coordination between stakeholders.

The conclusion offers recommendations for increased adoption of AI in health in Cameroon. These recommendations include the adoption of a national strategy, collaboration between stakeholders, the creation of a regulatory and ethical framework, the promotion of inclusion, investment in infrastructure, the development of appropriate algorithms, robust governance, citizen awareness and adaptation to local needs.

Crucial challenges such as bias, privacy, misrepresentation, data access, computing power, black box, open-source, intellectual property, liability, employment, coordination international and the existential challenge are identified. The recommendations highlight the need for local AI frameworks in Cameroon, highlighting a careful and contextualized approach.

This study calls for ethical, equitable and sustainable use of AI in health in Africa, encouraging critical reflection on its impact beyond economic dimensions. She warns of ethical, legal and social challenges, highlighting the importance of respecting human rights and protecting personal data in the adoption of AI in health in Cameroon and Africa.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le continent africain, riche en diversité culturelle et géographique, se trouve à la croisée des chemins d'une ère marquée par les avancées technologiques et l'émergence de l'intelligence artificielle (IA). Elle représente une révolution transformative aux implications profondes, touchant divers secteurs de la société mondiale. Au sein de ce paysage dynamique, le secteur de la santé émerge comme un domaine d'une importance cruciale, au carrefour des besoins pressants et des opportunités révolutionnaires créées par l'IA constituant un terrain de recherche d'une importance capitale. Ce mémoire de Master se fixe pour ambition d'explorer en profondeur l'impact de l'IA sur la santé globale en Afrique, en mettant en lumière les nuances, les défis et les perspectives qui caractérisent cette rencontre entre innovation technologique et impératifs de santé publique.

L'Afrique, avec ses cinquante-quatre pays, abrite une population caractérisée par une diversité ethnique, linguistique et culturelle exceptionnelle. Cependant, cette diversité est souvent accompagnée de disparités en matière de santé, reflétant différentes réalités socio-économiques. Les défis de santé en Afrique sont complexes et multidimensionnels, allant des maladies infectieuses persistantes, telles que le paludisme et le VIH/SIDA, à des problèmes structurels tels que le manque d'infrastructures de santé adéquates et l'accès limité aux soins médicaux. Dans ce contexte, la santé globale émerge comme un concept essentiel, cherchant à aborder ces problèmes de manière holistique à l'échelle mondiale.

La santé globale va au-delà des frontières nationales et considère la santé comme un bien commun mondial, soulignant l'interconnexion des défis et des solutions. En Afrique, cette approche revêt une importance particulière, car elle permet de prendre en compte les spécificités régionales tout en reconnaissant les enjeux mondiaux qui influent sur la santé du continent. Les efforts visant à améliorer la santé globale en Afrique nécessitent une compréhension approfondie des dynamiques sociales, économiques et environnementales qui façonnent les réalités de la santé sur le continent (Atlani-Duault & Vidal, 2013a).

La crise mondiale de la santé, exacerbée par la pandémie de COVID-19, a mis en évidence la nécessité d'adopter des approches innovantes pour renforcer les systèmes de santé en Afrique. L'évolution rapide de la technologie, en particulier dans le domaine de l'IA, offre des opportunités sans précédent pour transformer les modèles de la santé en Afrique. Les applications de l'IA dans le secteur de la santé ouvrent la voie à des solutions novatrices, offrant un potentiel considérable pour améliorer l'accès aux soins, optimiser les diagnostics et renforcer les capacités des professionnels de la santé.

Cependant, ces avancées technologiques ne sont pas sans défis. Les disparités en matière d'infrastructures technologiques, l'accès limité à l'éducation en matière de numérique appliqué à la santé et les préoccupations éthiques entourant l'utilisation de l'IA dans le contexte africain ajoutent des couches de complexité à cette transformation. Néanmoins, l'exploration de ces défis offre l'opportunité de développer des approches adaptées et de garantir que l'adoption de d'une IA en santé en Afrique est éthique, équitable et bénéfique pour l'ensemble de la population.

Dans ce contexte, il est impératif de comprendre l'importance de la santé globale en Afrique, non seulement comme une réponse aux défis de santé actuels, mais aussi comme un catalyseur du développement durable. En mettant l'accent sur la santé globale, l'Afrique peut envisager des solutions intégrées qui abordent les déterminants sociaux de la santé, favorisent l'équité et permettent une transition vers des systèmes de santé plus durables.

En explorant les opportunités et les défis de l'IA en santé en Afrique, cette recherche aspire à contribuer à la création de cadres stratégiques et de politiques qui intègrent de manière holistique ces avancées technologiques dans le tissu complexe des systèmes de santé africains. En somme, cette exploration s'ancre dans la conviction que l'intersection entre l'IA et la santé globale en Afrique peut catalyser des progrès significatifs, mais seulement si elle est abordée avec une compréhension approfondie des réalités contextuelles et des impératifs éthiques.

Cette recherche ainsi trouve sa justification dans la nécessité critique d'explorer et de comprendre les implications de l'IA sur la santé en Afrique. Il s'agit d'une exploration opportune et pertinente, car elle offre la possibilité de contribuer à l'émergence de cadres et de stratégies qui maximiseront les avantages de l'IA tout en minimisant les risques potentiels. Comprendre comment l'IA peut être intégrée de manière éthique et efficace dans le secteur de la santé en Afrique est essentiel pour façonner l'avenir des systèmes de soins de santé sur le continent.

Cette recherche vise aussi à explorer comment l'IA peut être mise en œuvre de manière éthique et inclusive, en garantissant qu'elle bénéficie à l'ensemble de la population africaine. Cela nécessite une analyse approfondie des enjeux éthiques, des considérations de sécurité des données, et de la manière dont les solutions basées sur l'IA peuvent être adaptées aux contextes locaux. La justification réside dans la conviction que l'IA peut apporter des changements significatifs en Afrique, mais que ces changements doivent être guidés par une compréhension profonde des réalités locales et des impératifs éthiques.

La justification de cette recherche repose donc sur la nécessité critique de repenser les approches de santé en Afrique, en exploitant le potentiel transformateur de l'intelligence artificielle tout en adressant les défis complexes de manière éthique, inclusive et durable.

Les objectifs de cette étude sont multiples et visent à fournir une compréhension approfondie des dynamiques complexes entre l'intelligence artificielle (IA) et la santé globale en Afrique. Chaque objectif est soigneusement formulé pour répondre à des questions spécifiques, contribuant ainsi de manière significative à la littérature existante et à l'orientation des politiques vers une adoption éclairée et bénéfique de l'IA en santé sur le continent.

1. Comprendre l'État Actuel de l'IA en Santé en Afrique : Le premier objectif de cette étude est de réaliser une évaluation exhaustive de l'état actuel de l'IA dans le domaine de la santé en Afrique. Cela implique de cartographier les initiatives existantes, les applications en cours, et les acteurs clés opérant dans ce secteur. En analysant les réussites et les défis de l'IA en santé, cet objectif vise à fournir un panorama détaillé de la situation actuelle.

L'importance de cet objectif réside dans la nécessité de contextualiser l'adoption de l'IA dans le domaine de la santé en Afrique. En comprenant les spécificités régionales, les variations nationales, et les divers domaines d'application, cette étude vise à éclairer les voies potentielles pour une intégration réussie de l'IA.

2. Évaluer les Défis et Risques Associés à l'IA en Santé en Afrique : Un deuxième objectif majeur est d'entreprendre une évaluation approfondie des défis et des risques liés à l'adoption de l'IA dans le domaine de la santé en Afrique. Cela inclut des considérations éthiques, réglementaires, de sécurité des données, de formation, de diversité, d'inclusion, et de gouvernance. En comprenant les obstacles potentiels, cette étude vise à informer les processus décisionnels en mettant en évidence les domaines qui nécessitent une attention particulière.

L'objectif est également de proposer des solutions potentielles pour atténuer ces défis, contribuant ainsi à créer un environnement propice à une adoption éthique et responsable de l'IA en santé en Afrique. Comprendre les risques est essentiel pour équilibrer les avantages de l'IA tout en minimisant les éventuels impacts négatifs.

3. Proposer des Orientations pour un Déploiement Éthique et Responsable : Un troisième objectif clé est de formuler des orientations pratiques pour le déploiement éthique et responsable de l'IA en santé en Afrique. Cela implique de développer des recommandations spécifiques en matière d'adoption, de réglementation, de gouvernance, de sécurité des données,

de formation, de diversité, d'inclusion, et de collaboration. En fournissant ces orientations, cette étude vise à guider les décideurs, les praticiens et les chercheurs vers des pratiques optimales et durables.

L'importance de cet objectif réside dans la conviction que le succès de l'IA en santé en Afrique dépend de l'établissement de normes éthiques et de cadres responsables. En alignant les recommandations sur les réalités et les besoins locaux, cette étude vise à encourager un déploiement éthique de l'IA qui prend en compte les spécificités africaines.

Ces objectifs soulignent l'importance de traduire la recherche en actions concrètes. En fournissant des perspectives exploitables, cette étude aspire à catalyser des changements tangibles dans la manière dont l'IA est intégrée dans les systèmes de santé en Afrique.

Au final les objectifs de cette étude sont interconnectés, visant à comprendre, identifier, évaluer, proposer des orientations, et contribuer activement à l'avancement de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé en Afrique. Chacun de ces objectifs est conçu pour répondre à des besoins spécifiques, contribuant ainsi de manière holistique à la littérature et aux pratiques éclairées dans ce domaine en évolution rapide.

**PREMIÈRE PARTIE : REVUE DE LA
LITTÉRATURE**

CHAPITRE 1 : LES FONDEMENTS DE L'IA

L'Intelligence Artificielle (IA) (*NetApp 2023*) est un domaine multidisciplinaire qui vise à créer des systèmes et des machines capables d'accomplir des tâches qui nécessitent normalement l'intelligence humaine. Ces tâches incluent la résolution de problèmes complexes, l'apprentissage, la compréhension du langage naturel, la perception visuelle, et bien plus encore. L'IA a évolué au fil des décennies pour devenir l'une des technologies les plus influentes et révolutionnaires de notre époque. Ce développement dans le domaine de l'IA a des implications profondes pour divers secteurs, de la santé à l'automobile en passant par la finance et l'industrie.

Pour comprendre l'IA, il est essentiel de se pencher sur ses fondements.

Au cours des dernières décennies, l'IA a connu une croissance exponentielle, ouvrant de nouvelles opportunités pour son application dans divers domaines, y compris la santé. Les systèmes d'IA peuvent analyser de vastes ensembles de données médicales, identifier des schémas et des anomalies, aider à diagnostiquer des maladies, prédire les résultats des traitements et améliorer la gestion des dossiers médicaux (*Meriteam 2022*).

Au cœur de l'IA se trouvent les algorithmes et les modèles mathématiques qui permettent aux ordinateurs de traiter des données de manière intelligente. L'apprentissage automatique (*Machine Learning*) est l'une des branches les plus importantes de l'IA. Il s'agit d'un processus par lequel les ordinateurs utilisent des données pour apprendre et s'améliorer sans être explicitement programmés. Les réseaux de neurones artificiels, inspirés du fonctionnement du cerveau humain, sont un élément clé du machine learning et jouent un rôle majeur dans de nombreuses applications d'IA.

I. Histoire de l'IA

L'histoire de l'intelligence artificielle a commencé en 1943, avec la publication de l'article « *A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity* » de Warren McCulloch et Walter Pitts. Dans cet article, les scientifiques présentent le premier modèle mathématique pour la création d'un réseau neuronal. En 1950, *Snarc*, le premier ordinateur à réseau neuronal, a été créé par deux étudiants de Harvard : Marvin Minsky et Dean Edmonds. La même année, Alan Turing publie le test de Turing, toujours utilisé pour évaluer les IA. Ce test a posé les bases de l'intelligence artificielle, de sa vision et de ses objectifs : reproduire ou simuler l'intelligence

humaine dans des machines. Mais ce n'est qu'en 1956, lors de la conférence « Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence » de John McCarthy, que le terme intelligence artificielle a été prononcé pour la première fois. Lors de cet événement, les chercheurs ont présenté les objectifs et la vision de l'IA. Beaucoup considèrent cette conférence comme la véritable naissance de l'intelligence artificielle telle que nous la connaissons. Plusieurs années ont passé et les travaux sur l'intelligence artificielle se sont poursuivis. En 1959, Arthur Samuel a inventé le terme Machine Learning alors qu'il travaillait chez IBM. En 1989, le Français Yann Lecun développe le premier réseau de neurones capable de reconnaître des chiffres manuscrits, une invention qui deviendra par la suite la base du développement du deep learning (Zhang & Lu, 2021).

II. Domaines de l'IA

L'Intelligence Artificielle (IA) est un domaine passionnant qui a le potentiel de révolutionner de nombreux aspects de notre vie quotidienne. Des domaines tels que le Traitement Automatique du Langage Naturel (TALN), les systèmes experts, le Machine Learning et le Deep Learning sont au cœur de cette révolution. Chacun de ces domaines offre des perspectives uniques et des possibilités infinies. Dans les sections suivantes, nous allons explorer ces domaines en détail.

1. 1. L'apprentissage en profondeur (Deep Learning)

L'apprentissage profond est un domaine fascinant et en évolution rapide au sein de l'apprentissage automatique, caractérisé par sa capacité à apprendre à partir des données de manière de plus en plus complexe et abstraite. En tant que sous-ensemble de l'intelligence artificielle, l'apprentissage profond a révolutionné un large éventail d'applications, de la reconnaissance d'images et de la parole aux diagnostics médicaux et à la compréhension du langage naturel. En parlant d'apprentissage profond, nous nous attarderons sur l'exploration approfondie de l'apprentissage profond, couvrant ses concepts de base, ses techniques, ses architectures renommées, ses applications importantes, ses défis et ses orientations futuristes (William Grant Hatcher; Wei Yu 2018).

a. Concepts fondamentaux du Deep Learning

- Réseaux de neurones : au cœur de l'apprentissage profond, les réseaux de neurones sont des modèles informatiques inspirés du cerveau humain, composés de nœuds

interconnectés (neurones) qui traitent et transforment les données pour produire des cartographies et des représentations complexes.

- **Rétropropagation et descente de gradient** : la rétropropagation, combinée à des algorithmes d'optimisation tels que la descente de gradient, permet aux réseaux de neurones d'apprendre de manière itérative à partir des données, en ajustant leurs paramètres pour minimiser les erreurs et améliorer leurs capacités prédictives.
- **Architectures de réseau** : les modèles d'apprentissage profond comprennent souvent des architectures de réseaux neuronaux profonds, comportant plusieurs couches cachées, qui permettent l'extraction automatique de caractéristiques hiérarchiques à partir des données d'entrée.

b. Techniques et architectures de base :

- **Réseaux de neurones convolutifs (CNN)** : les CNN se spécialisent dans le traitement de données structurées en grille, excellant dans la reconnaissance d'images, la détection d'objets et la génération d'images, en tirant parti de techniques telles que la convolution et la mise en commun des couches.
- **Réseaux de neurones récurrents (RNN)** : les RNN sont puissants pour traiter des données séquentielles, permettant des tâches telles que la prédiction de séries chronologiques, la modélisation du langage et la reconnaissance vocale, en tirant parti de leur capacité à capturer les dépendances temporelles.
- **Transformateurs et mécanismes d'attention** : L'avènement des transformateurs, employant des mécanismes d'auto-attention, a révolutionné le traitement du langage naturel, conduisant à des progrès dans des tâches telles que la traduction linguistique et la recherche d'informations.

c. Domaines d'application du Deep Learning :

- **Vision par ordinateur** : l'apprentissage profond a révolutionné la vision par ordinateur, entraînant des percées dans des tâches telles que la reconnaissance d'objets, la segmentation d'images, l'analyse faciale et la perception des véhicules autonomes.
- **Traitement du langage naturel (NLP)** : en PNL, les techniques d'apprentissage en profondeur sont essentielles pour la modélisation du langage, l'analyse des sentiments, la traduction automatique, les systèmes de dialogue et la génération de texte.
- **Soins de santé et imagerie médicale** : l'apprentissage profond a eu un impact significatif sur l'analyse de l'imagerie médicale, le diagnostic des maladies, les recommandations

de traitement personnalisées et la découverte de médicaments dans le domaine de la santé.

- Reconnaissance et synthèse vocales : les modèles d'apprentissage profond jouent un rôle essentiel dans les applications de reconnaissance vocale, d'assistants vocaux, de transcription parole-texte et de synthèse vocale.
- Systèmes autonomes et robotique : les robots, les véhicules autonomes et les systèmes de contrôle intelligents basés sur l'IA utilisent l'apprentissage en profondeur pour la perception, la prise de décision et la compréhension de l'environnement.

d. Considérations éthiques et équité :

- Déploiement responsable de l'IA : garantir que les modèles d'apprentissage profond sont développés et déployés de manière éthique et responsable, dans le respect de la vie privée, de l'équité et des valeurs sociétales.
- Explicabilité et transparence : les progrès des techniques d'IA explicables visent à élucider les décisions de modèle et à améliorer la transparence et l'interprétabilité des solutions d'apprentissage profond.

e. Défis et futures frontières :

- Robustesse et sécurité : les attaques contradictoires, les vulnérabilités des modèles et les violations de la vie privée posent des défis pour garantir la robustesse et la sécurité des systèmes d'apprentissage en profondeur.
- Apprentissage multimodal et applications inter-domaines : les progrès de l'apprentissage profond multimodal, couvrant plusieurs modalités de données, et les techniques d'apprentissage par transfert inter-domaines améliorent la polyvalence et l'impact des applications d'IA.
- Apprentissage continu et IA adaptative : la recherche sur l'apprentissage continu et l'IA adaptative façonne la vision de systèmes capables d'apprendre de l'évolution des distributions de données et des tâches au fil du temps.

L'apprentissage profond continue de favoriser les progrès transformateurs dans une diversité de domaines, propulsant l'innovation, façonnant les paysages technologiques et apportant des solutions à des défis complexes.

2. L'Apprentissage automatique (Machine learning)

Contrairement au deep learning, les algorithmes sont développés pour pouvoir apprendre des données existantes et améliorer les performances au fil du temps. L'apprentissage automatique est utilisé dans des domaines tels que l'analyse prédictive, la détection des fraudes et le marketing personnalisé. C'est l'un des domaines que les chercheurs et les praticiens ont largement appliqué, en l'utilisant pour l'analyse des données. L'apprentissage automatique a été mentionné pour la première fois en 1959 par Arthur Samuel, qui l'a défini comme un processus permettant aux ordinateurs d'apprendre sans être explicitement programmés. (Chen et al., 2020) . De nos jours, l'apprentissage automatique permet à un ordinateur de classer ou de prédire les résultats d'une vaste base de données.

Ce système de traitement a ensuite été considérablement amélioré avec la percée du deep learning, qui a permis à l'ordinateur de traiter de nombreux algorithmes sans effort avec des unités de traitement graphique-GPU (Chen et al., 2020) . Il utilise des techniques informatiques pour permettre aux systèmes d'apprendre à partir de données ou d'expériences. Il utilise un ensemble de méthodes statistiques pour trouver des modèles dans les données existantes, puis utiliser des modèles pour faire des prédictions sur les données de production. Dans la programmation informatique traditionnelle, un programmeur spécifie la logique permettant de résoudre un problème donné en spécifiant des étapes de calcul exactes à l'aide d'un langage de programmation. En revanche, la logique d'un modèle d'apprentissage automatique dépend en partie des données utilisées pour entraîner le modèle. Ainsi, les calculs, ou étapes, nécessaires pour résoudre le problème ne sont pas déterminés a priori.

De plus, contrairement à la programmation informatique traditionnelle, les modèles d'apprentissage automatique peuvent s'améliorer au fil du temps sans être réécrits en étant réentraînés sur de nouvelles données supplémentaires et en utilisant des techniques pour optimiser les paramètres du modèle et les caractéristiques des données. Il joue un rôle central dans divers domaines industriels, de la santé et de la finance à la robotique et au traitement du langage naturel, révolutionnant la façon dont les systèmes analysent les informations et prennent des décisions. L'apprentissage automatique continue de façonner le paysage de l'IA et de la technologie, en favorisant l'innovation et l'impact dans un large éventail de domaines et d'applications. Explorons les concepts fondamentaux, les techniques clés, les algorithmes populaires, les applications et les implications futures de l'apprentissage automatique.

a. Concepts fondamentaux :

- Apprentissage supervisé : dans l'apprentissage supervisé, les modèles sont formés sur des données étiquetées, où les caractéristiques d'entrée sont mappées à des étiquettes de sortie connues. L'apprentissage supervisé est utilisé pour des tâches telles que la classification (attribution de catégories aux données) et la régression (prédiction de valeurs continues).
- Apprentissage non supervisé : l'apprentissage non supervisé implique la formation de modèles sur des données non étiquetées pour découvrir des modèles, des structures ou des clusters au sein des données. Le clustering et la réduction de dimensionnalité sont des applications courantes des algorithmes d'apprentissage non supervisé.
- Apprentissage par renforcement : l'apprentissage par renforcement se concentre sur la formation des agents à prendre des décisions séquentielles dans un environnement en apprenant des commentaires sous forme de récompenses et de pénalités. Il est largement utilisé dans des domaines tels que la robotique, les jeux et les systèmes autonomes.
- Ingénierie des fonctionnalités : l'ingénierie des fonctionnalités implique la sélection, la transformation et la création de fonctionnalités d'entrée pour améliorer les performances des modèles d'apprentissage automatique. Il s'agit d'un aspect essentiel de l'amélioration de la précision et de la robustesse du modèle.

b. Techniques et algorithmes :

- Arbres de décision et forêts aléatoires : les arbres de décision sont utilisés pour les tâches de classification et de régression, tandis que les forêts aléatoires tirent parti de l'apprentissage d'ensemble pour améliorer la précision des prédictions et gérer des structures de données complexes.
- Machines à vecteurs de support (SVM) : SVM est un algorithme puissant pour les tâches de classification et de régression, capable de gérer des données de grande dimension et des relations non linéaires via les fonctions du noyau.
- Réseaux de neurones et apprentissage profond : les réseaux de neurones, en particulier les architectures d'apprentissage profond, ont pris de l'importance dans des domaines tels que la reconnaissance d'images, le traitement du langage naturel et la synthèse vocale, permettant la reconnaissance de formes complexes et l'apprentissage des représentations.

- Algorithmes de clustering : les algorithmes de clustering, tels que les k-means et le clustering hiérarchique, sont utilisés pour des tâches d'apprentissage non supervisées et sont essentiels pour identifier les regroupements naturels au sein des données.
- Systèmes de recommandation : des techniques telles que le filtrage collaboratif et la factorisation matricielle sont utilisées pour créer des systèmes de recommandation qui fournissent des recommandations personnalisées basées sur les préférences des utilisateurs et les interactions historiques.

c. Applications de l'apprentissage automatique :

- Soins de santé et diagnostics médicaux : l'apprentissage automatique fait partie intégrante de l'analyse d'imagerie médicale, du diagnostic des maladies, des recommandations de traitement personnalisées et de la découverte de médicaments.
- Modélisation financière et évaluation des risques : en finance, l'apprentissage automatique est utilisé pour la détection des fraudes, l'évaluation du crédit, l'optimisation du portefeuille et l'analyse prédictive des tendances du marché.
- Commerce électronique et systèmes de recommandation : les plateformes de commerce électronique exploitent l'apprentissage automatique pour fournir des recommandations de produits personnalisées, améliorer l'expérience client et optimiser les stratégies marketing.
- Traitement du langage naturel (NLP) : comme nous l'avons mentionné précédemment, les techniques d'apprentissage automatique sous-tendent les tâches de PNL telles que la classification de texte, l'analyse des sentiments et la traduction linguistique.
- Véhicules autonomes et robotique : l'apprentissage automatique est crucial pour le développement de véhicules autonomes, d'automatisation robotique et de systèmes de contrôle intelligents dans les environnements industriels.

d. Défis et orientations futures :

- Modèles interprétables et explicables : garantir la transparence et l'interprétabilité des modèles d'apprentissage automatique, en particulier dans les applications critiques où le processus de prise de décision doit être compris et validé.
- Apprentissage par transfert et apprentissage en quelques étapes : techniques avancées pour permettre le transfert de connaissances d'une tâche ou d'un domaine à un autre, ainsi que l'apprentissage à partir de données étiquetées limitées, pour relever les défis dans divers contextes d'application.

- IA éthique et équité : répondre aux préjugés et aux problèmes d'équité dans les modèles d'apprentissage automatique, promouvoir un déploiement éthique et atténuer la discrimination algorithmique.
- 4. Apprentissage continu et adaptabilité : améliorer la capacité des modèles d'apprentissage automatique à s'adapter et à apprendre de l'évolution des distributions et des environnements de données, permettant ainsi des capacités d'apprentissage tout au long de la vie.

3. Traitement du langage naturel (NLP) :

Il s'agit de la capacité d'un système informatique à comprendre et décoder le langage humain (langage naturel) tel qu'il est parlé et écrit, tout cela grâce à l'intelligence artificielle (*DataScientest 2022*). Comparé au sentiment humain de capter des informations, de travailler dessus et de produire des résultats, le traitement des langues naturelles suit des processus similaires que l'ordinateur doit comprendre, tels que des programmes pour lire et des microphones pour collecter des fichiers audios, des programmes pour traiter les entrées reçues en les convertissant en langage ou codes compréhensibles par ordinateur. Le traitement du langage naturel est utilisé pour la traduction automatique, la génération de langage naturel, l'extraction de texte et la classification de texte. Et est appliqué dans des domaines tels que la traduction automatique, l'analyse des commentaires des clients, la recherche et l'analyse universitaires, le recrutement de talents, sachant bien que la PNL traite des entrées de données massives.

La PNL est un domaine complexe avec son ensemble de défis, notamment la gestion de l'ambiguïté, la compréhension du contexte et les nuances du langage. Ces dernières années, les techniques d'apprentissage profond, en particulier les réseaux neuronaux récurrents (RNN) et les transformateurs, ont considérablement fait progresser l'état de l'art en matière de PNL, conduisant à des avancées dans des tâches telles que la traduction, la synthèse de texte et la compréhension du langage. De plus, l'émergence de modèles linguistiques pré-entraînés à grande échelle comme GPT-3 a entraîné le développement d'applications NLP plus puissantes et plus polyvalentes, tout en soulevant des considérations concernant l'utilisation éthique, l'atténuation des biais et le déploiement responsable de l'IA dans les systèmes NLP. La PNL est en constante évolution et recèle un immense potentiel pour un large éventail d'applications du monde réel, ce qui en fait un domaine passionnant et percutant dans le paysage plus large de l'IA et de l'apprentissage automatique.

a. Composants clés de la PNL :

Composantes de la PNL	
Composants	Explication
Tokenisation	La tokenisation implique de décomposer le texte en ses composants individuels, tels que des mots, des phrases, des symboles ou d'autres éléments significatifs, souvent comme précurseur d'une analyse plus approfondie.
Marquage d'une partie du discours	Cela implique d'identifier les parties grammaticales du discours (par exemple, les noms, les verbes, les adjectifs) pour chaque mot d'une phrase. Cela aide à comprendre la structure syntaxique d'une phrase.
Reconnaissance d'entité nommée (NER)	NER se concentre sur l'identification et la catégorisation des entités dans le texte, telles que les noms de personnes, d'organisations, de lieux, d'expressions de date, etc. Ceci est crucial pour des tâches telles que l'extraction d'informations et la catégorisation du contenu.
Analyse des sentiments	L'analyse des sentiments consiste à déterminer le sentiment exprimé dans un morceau de texte. Ceci est souvent utilisé pour évaluer l'opinion publique, les commentaires des clients et les sentiments des médias sociaux.
Modélisation du langage	Les modèles linguistiques sont essentiels pour prédire la probabilité d'un mot ou d'une séquence de mots dans un contexte donné. Ils sont fondamentaux pour de nombreuses tâches de PNL, notamment la traduction automatique et la génération de texte.
Traduction automatique	Il s'agit de la traduction automatique d'un texte d'une langue à une autre. Il s'agit d'une tâche complexe qui repose sur une compréhension approfondie des langues source et cible.

b. Applications de la PNL

- Assistants virtuels et chatbots : la PNL alimente les assistants virtuels comme Siri, Alexa et Google Assistant, leur permettant de comprendre et de répondre aux requêtes en langage naturel.
- Traduction linguistique : la PNL permet le développement de systèmes de traduction automatique tels que Google Translate, qui facilitent la communication au-delà des barrières linguistiques.
- Analyse de texte et récupération d'informations : la PNL est cruciale pour analyser et extraire des informations significatives à partir de grands volumes de données textuelles, facilitant des tâches telles que la catégorisation de documents, les moteurs de recherche et les systèmes de recommandation de contenu.
- Reconnaissance vocale : la PNL joue un rôle clé dans la conversion du langage parlé en texte, permettant des applications telles que la dictée voix-texte et les appareils à commande vocale.
- Analyse des sentiments et exploration d'opinions : les entreprises utilisent la PNL pour l'analyse des sentiments afin de comprendre l'opinion publique, les commentaires des clients et les discussions sur les réseaux sociaux, permettant ainsi une prise de décision plus éclairée.

c. Avancées en PNL

- Apprentissage par transfert et modèles pré-entraînés : l'apprentissage par transfert a révolutionné la PNL, où les modèles pré-entraînés sont affinés pour des tâches spécifiques. Par exemple, des modèles tels que BERT, GPT-3 et T5 ont démontré des performances remarquables dans une gamme de tâches de PNL, de la compréhension du langage à la génération de texte.
- PNL multimodale : la PNL multimodale intègre le texte à d'autres modalités telles que les images, l'audio et la vidéo. Cela a donné lieu à une compréhension plus complète de la langue dans divers contextes, permettant des applications telles que le sous-titrage d'images et les systèmes visuels de réponse aux questions.
- IA conversationnelle et systèmes de dialogue : la PNL joue un rôle essentiel dans le développement d'une IA conversationnelle capable de s'engager dans des interactions naturelles et semblables à celles des humains. Cela s'étend aux chatbots, aux assistants virtuels et à l'automatisation du service client, où la compréhension et la génération de réponses en langage naturel sont cruciales.

- PNL éthique et équitable : avec l'impact croissant de la PNL sur la société, l'accent est de plus en plus mis sur les pratiques éthiques de l'IA au sein de la PNL. Cela inclut l'atténuation des préjugés dans les modèles linguistiques, la garantie de la confidentialité dans le traitement du langage et la résolution des problèmes liés à la désinformation et à la désinformation dans les données en langage naturel.
- PNL dans les langues à faibles ressources : des efforts sont déployés pour relever les défis de la PNL dans les langues sous-financées, dans le but de rendre les technologies de PNL plus inclusives et représentatives de divers contextes linguistiques et culturels.

d. Considérations et défis

- Biais et équité : il est essentiel de lutter contre les préjugés dans les modèles PNL et de garantir l'équité dans la compréhension et la génération du langage naturel. Cela inclut l'atténuation des biais dans les données de formation, l'évaluation des performances des modèles auprès de divers groupes d'utilisateurs et le développement d'approches pour débiaiser les modèles de langage.
- Confidentialité et sécurité : les applications NLP traitent des données textuelles sensibles, nécessitant des mesures de confidentialité et de sécurité robustes pour protéger les informations des utilisateurs et empêcher tout accès non autorisé ou toute utilisation abusive.
- PNL multilingue : la PNL multilingue présente des défis uniques, notamment la diversité linguistique, la commutation de code, la compréhension des dialectes et les tâches multilingues telles que la traduction et la recherche d'informations.
- Explicabilité et interprétabilité : à mesure que la complexité des modèles PNL augmente, il est nécessaire d'améliorer l'explicabilité et l'interprétabilité, garantissant que les décisions prises par ces modèles peuvent être comprises et examinées, en particulier dans les applications à enjeux élevés comme les soins de santé et le droit.
- Contraintes de ressources dans les contextes à faible revenu : dans de nombreux pays africains et autres contextes à faibles ressources, les limitations des infrastructures, la rareté des données et l'accès technologique posent des défis à l'adoption généralisée des solutions de PNL, soulignant la nécessité d'innovations spécifiques au contexte et de stratégies de déploiement durables.

Dans le contexte africain, la PNL a le potentiel de faciliter la préservation des langues, la génération de contenu local et la communication dans les sociétés multilingues. Des défis tels que le traitement linguistique à faibles ressources et la diversité dialectale offrent des opportunités d'innovation en PNL adaptées au paysage linguistique unique du continent. À

mesure que la PNL continue d'évoluer, elle a le potentiel de révolutionner la communication, de briser les barrières linguistiques et d'autonomiser les individus et les communautés grâce à un meilleur accès à l'information et aux connaissances. Compte tenu de la grande diversité des langues et des cultures en Afrique, la PNL peut jouer un rôle central dans la préservation et la promotion du patrimoine linguistique tout en favorisant le progrès technologique et l'inclusion (LePont, 2024).

4. Systèmes experts

Lorsqu'on parle de systèmes experts, on fait référence au type d'intelligence artificielle qui utilise des connaissances et des règles pour résoudre des problèmes qui nécessiteraient normalement une expertise humaine. C'est plutôt comme avoir un expert virtuel à portée de main pour vous aider. On dit alors qu'il s'agit d'un programme informatique qui utilise l'IA pour simuler le jugement et les comportements humains ou organisationnels avec une expertise et une expérience dans un domaine donné. Ces systèmes experts n'ont pas pour vocation de remplacer l'expertise humaine mais plutôt de la compléter pour plus d'efficacité (Buchanan & Smith, 1988) .

Le système d'expertise comportant trois composantes principales qui sont :

- La base de connaissances, où sont stockées les informations (de source externe) extraites par le système expert. Là, il s'agit davantage de règles de collecte de faits et d'heuristiques ;
- Le moteur d'inférence, qui collecte des informations à partir de la base de connaissances pour résoudre les problèmes des utilisateurs. Il prend ou prend des décisions à partir des informations disponibles qui démontrent à ses utilisateurs chaque mesure prise. C'est une démonstration correcte de l'entrée égale à la sortie. Ce niveau traite davantage du raisonnement logique pour une prise de décision et des conclusions appropriées. Et enfin,
- L'interface utilisateur, qui est la partie du système avec laquelle les utilisateurs finaux interagissent pour obtenir des solutions et des réponses à leurs questions.

Les systèmes experts peuvent être utilisés dans les domaines de l'agriculture, de la santé (par exemple MYCIN pour l'identification des bactéries et la recommandation de médicaments, CaDet pour l'identification du cancer à ses premiers stades ; démontrant le potentiel des systèmes experts dans des domaines spécialisés (Jackson, 1986)), des télécommunications. , les transports, les services financiers, le droit et même le génie mécanique. Ils sont particulièrement utiles dans les situations où l'expertise humaine est rare ou où une prise de décision cohérente est requise. Aujourd'hui, avec les progrès de l'apprentissage automatique et

des approches basées sur les données, les systèmes experts ont évolué et sont souvent intégrés à d'autres techniques d'IA pour créer des applications plus puissantes. Il est fascinant de voir à quel point ils continuent d'être pertinents dans notre paysage technologique en évolution rapide. (Buchanan et Smith, 1988)

a. Les composants d'un système expert :

Composants d'un système expert	Description
Base de connaissances	C'est ici que sont stockées toutes les informations spécifiques au domaine. Il comprend des faits, des règles et des heuristiques. Les faits sont des informations spécifiques sur le domaine, tandis que les règles sont des déclarations logiques qui définissent les relations entre ces faits. Les heuristiques sont des lignes directrices ou des stratégies pour résoudre des problèmes. La base de connaissances est le cœur du système expert, stockant à la fois les connaissances statiques et dynamiques utilisées pour la prise de décision (Lucas, nd).
Moteur d'inférence	Le moteur d'inférence est le cœur du système expert. C'est la partie qui traite et manipule les informations stockées dans la base de connaissances pour arriver à des conclusions ou prendre des décisions. Il utilise un raisonnement logique, qui peut inclure des techniques telles que la déduction, l'enlèvement et l'induction.
Interface utilisateur	C'est la partie du système qui permet l'interaction avec l'utilisateur. Il peut prendre diverses formes, telles que des interactions textuelles, vocales ou des interfaces graphiques, selon la conception du système et sa tâche consiste à communiquer avec l'utilisateur, à recueillir des informations et à présenter les conclusions du système.

Composants d'un système expert	Description
Facilité explicative	Parfois, il est essentiel qu'un système expert explique son processus de raisonnement et la base de ses conclusions. Cela aide les utilisateurs à comprendre les recommandations du système et à renforcer la confiance dans ses décisions.

b. Types de systèmes experts :

Type de système expert	Description
Systèmes basés sur des règles	Il s'agit du type le plus courant, dans lequel la base de connaissances est principalement composée d'un ensemble de règles. Lorsqu'un problème est présenté, le système compare les faits à ces règles pour parvenir à une conclusion.
Systèmes de raisonnement basé sur des cas	Dans ce type, le système fonctionne en comparant le problème actuel avec des cas similaires dans sa mémoire, puis en adaptant les solutions de ces cas passés pour les adapter à la situation actuelle.
Systèmes basés sur des modèles	Ces systèmes utilisent un modèle du domaine du problème, intégrant des principes scientifiques et des modèles mathématiques. Ils fonctionnent généralement bien pour les problèmes dotés d'une base théorique solide, comme l'ingénierie et la physique.
Systèmes hybrides	Comme leur nom l'indique, ces systèmes combinent des éléments de différents types de systèmes experts ou intègrent des systèmes experts avec d'autres technologies telles que l'apprentissage automatique ou le traitement du langage naturel.

CHAPITRE 2 : UN APERÇU DES PROMESSES DE L'IA

L'intelligence artificielle, en tant que branche scientifique qui étudie et développe des machines intelligentes, est un élément important de la quatrième révolution industrielle qui entraînera des changements fondamentaux dans la façon dont les gens vivent, travaillent et interagissent les uns avec les autres. D'un point de vue philosophique, l'IA a le potentiel d'aider les gens à vivre une vie plus significative sans avoir à travailler aussi dur, ainsi qu'à gérer le vaste réseau d'individus, d'entreprises, d'États et de nations interconnectés d'une manière qui profite à tous ; ainsi, l'objectif principal de l'IA est de permettre aux ordinateurs et aux machines d'exécuter des fonctions cognitives telles que la résolution de problèmes, la prise de décision, la perception et la compréhension de la communication humaine (Sarker, 2022).

Ce domaine scientifique a été créé dans les années 1950 et, à cette époque, l'IA était considérée comme la nouvelle science qui examinerait méthodiquement le phénomène de l'intelligence. Cela devait être réalisé grâce à l'utilisation de processus intelligents stimulés par ordinateur pour atteindre cet objectif. L'intelligence est considérée comme une compétence mentale qui intègre une variété de capacités plus spécialisées, notamment le raisonnement, la planification, la résolution de problèmes, la compréhension de concepts, l'utilisation du langage et l'apprentissage. Pour tester l'intelligence informatique, en 1950, Turing et Haugeland (1950) ont introduit le test de Turing qui est encore rappelé malgré quelques critiques sur la mauvaise conception et la sous-spécification du test (Gonçalves, 2023).

Elle est classée en deux types de base : l'IA faible et forte ou l'IA étroite et générale (Flowers, 2019). Une IA faible présente l'IA comme un outil de résolution de problèmes, tandis qu'une IA forte implique la création d'un « vrai » esprit (Flowers, 2019). L'IA implique le traitement du langage naturel (NLP), la robotique, l'apprentissage automatique et profond, l'informatique cognitive et l'apprentissage par renforcement. L'idée de l'IA en tant que science examinant les phénomènes de l'intelligence a été quelque peu dépassée ces dernières années par une perception de l'IA comme une discipline d'ingénierie dans laquelle les chercheurs se concentrent sur la production de programmes et d'outils utilisables qui fonctionnent dans des domaines qui ont habituellement besoin d'intelligence. Les technologies de l'IA sont déjà utilisées partout autour de nous, dans presque tous les aspects de la vie. Elle peut être utilisée dans divers rôles en entreprise pour aider les employés au travail en réduisant leur charge de travail et dans des domaines tels que le commerce, l'éducation, l'agriculture et la finance.

En outre, l'intelligence artificielle est utilisée dans les transports, l'automobile, l'industrie manufacturière et les prévisions météorologiques. En tant que technologie, les systèmes d'IA d'aujourd'hui n'ont qu'une compréhension rudimentaire de l'expression humaine, du ton, des émotions et des subtilités de l'interaction humaine (Smith & Shum, 2018) (Ade-Ibijola & Okonkwo, 2023). Avant que les ordinateurs puissent réellement agir comme des humains, il reste encore un long chemin à parcourir. Alors que la recherche sur l'IA a une longue histoire d'enthousiasme suivie de déceptions prolongées, nous sommes actuellement au milieu d'une période extraordinaire d'innovation technologique dans de multiples secteurs, qui alimente l'essor de l'IA (Ade-Ibijola & Okonkwo, 2023). L'IA aura une grande influence en permettant des progrès plus rapides et plus profonds dans pratiquement tous les secteurs où l'intellect (humain) joue un rôle. Elle peut être utilisée par des entreprises ou des organisations pour engager les clients, révolutionner la création de produits, optimiser les opérations et responsabiliser le personnel (Ade-Ibijola & Okonkwo, 2023). Mais plus important encore, l'IA peut aider la société à éliminer certains de ses défauts, difficultés et défis insurmontables (Nishant et al., 2020).

Des solutions d'IA sont mises en place dans certains pays africains et ces changements remarquables sont déjà visibles au Kenya, au Nigéria, au Ghana, en Éthiopie, ainsi qu'en Afrique du Sud et à Maurice (Gadzala, 2018). La plupart des solutions visent : les secteurs des services financiers, de l'agriculture et de la santé (Okonkwo & Ade-Ibijola, 2021). L'Afrique du Sud est à la pointe du continent en matière d'adoption de l'IA avec un écosystème robuste qui comprend de nombreux pôles technologiques et groupes de recherche. De nombreuses entreprises en Afrique du Sud intègrent des solutions d'IA dans leurs opérations existantes ou développent de nouvelles solutions utilisant l'IA (Ade-Ibijola & Okonkwo, 2023)

I. Promesses

Les technologies de l'IA sont une opportunité pour l'Afrique. Ces opportunités sont vraiment vastes et ce à mesure que l'IA continue de croître et d'évoluer. L'Afrique a la possibilité de tirer parti de ces technologies pour générer une croissance positive et inclusive dans tous les domaines. Par exemple, en accélérant la productivité et en réinventant sa croissance économique, qui est plus que jamais vitale pour le bien-être du monde. L'IA présente un large éventail d'opportunités pour l'Afrique, couvrant divers secteurs et industries. La plupart des solutions ciblent actuellement les secteurs de l'emploi, de la sécurité alimentaire, de la santé et de l'énergie.

1. Emploi

Sur l'emploi, par exemple. Samasource a employé des jeunes au Kenya et en Ouganda pour former des données et transmettre l'intelligence humaine à l'IA pour de grandes entreprises technologiques telles que Google, Microsoft et Yahoo. Plus de 1 100 jeunes travaillent sur divers projets à travers le Kenya et l'Ouganda avec des revenus qui soutiennent, par exemple, l'éducation de leurs frères et sœurs et les conditions de vie globales de leurs familles, à tel point que plus de 50 000 personnes bénéficient désormais de ce processus.

Le revenu fiable généré au cours de ce processus augmente également le pouvoir d'achat des personnes, ce qui les aide ensuite à briser progressivement le cycle endémique de la pauvreté. Pour un pays comme le Kenya, où le taux de chômage des jeunes est disproportionnellement élevé, supérieur à 30 %, malgré un taux d'alphabétisation croissant, les emplois créés par Samasource sont essentiels à l'amélioration de la qualité de vie et au maintien de la cohésion sociale au Kenya. Cependant, pour mieux anticiper l'impact de l'IA sur l'emploi en Afrique, il est important de considérer la répartition de la main d'œuvre. Environ 54 % de tous les travailleurs d'Afrique subsaharienne travaillent dans le secteur agricole et, dans certains pays, ce chiffre dépasse 70 %.

Dans le secteur agricole, l'IA a deux utilisations principales qui devraient avoir un impact et une valeur significatifs. Premièrement, comme dans d'autres secteurs, l'IA présente des avantages significatifs dans l'analyse des données et est donc utile pour prédire la météo, optimiser les calendriers de plantation et de récolte et déterminer les besoins appropriés en engrais. Cette utilisation de l'IA a le potentiel d'augmenter les rendements et la productivité ou l'efficacité globale des terres, et il est peu probable qu'elle ait un impact négatif sur la main-d'œuvre africaine du secteur agricole. En effet, en améliorant la capacité à prévoir les inondations et les sécheresses, à optimiser l'utilisation des terres et à augmenter les rendements, l'IA pourrait accroître le besoin de travailleurs dans le secteur agricole. Cette utilisation de l'IA n'est donc pas nécessairement compétitive avec le travail humain, et pourrait même lui être complémentaire.

2. La sécurité alimentaire

L'insécurité alimentaire est une préoccupation majeure dans toute l'Afrique, de la région du Sahel à la Corne de l'Afrique et à l'Afrique australe. Rien qu'en 2022, plus de 656 millions de personnes en Afrique subsaharienne (ASS) ont souffert d'insécurité alimentaire. Alors qu'environ 65 % des terres arables non cultivées du monde se trouvent en Afrique, ses

gouvernements dépensent collectivement près d'un milliard de dollars en termes d'importations alimentaires.

En outre, l'invasion acridienne dans la Corne de l'Afrique en 2020 a détruit pour plus de 8 milliards de dollars de nourriture et de bétail. Cependant, l'impact de l'insécurité alimentaire en Afrique pourrait être atténué grâce au recours aux technologies de l'IA. Les maladies et les catastrophes des cultures pouvaient être prédites et les agriculteurs avertis pour une meilleure préparation. Il est également utile de garder à l'esprit que l'agriculture sur le continent est un secteur stratégique qui doit être amélioré dans toute l'Afrique, et que l'IA devrait être un élément essentiel de la solution. En effet, ce secteur, qui représente 32% du PIB, emploie plus de 65% de la main d'œuvre du continent. Cependant, le secteur est confronté à de nombreux défis, notamment la dégradation des terres, la dépendance accrue aux engrais inorganiques, la faiblesse des chaînes d'approvisionnement, les marchés limités pour les produits, les ravageurs et maladies émergents et le changement climatique. Malgré le potentiel de l'IA pour améliorer l'agriculture en Afrique, elle n'est toujours pas disponible en dehors des organismes gouvernementaux et de recherche.

C'est pourquoi le laboratoire d'IA de Google a collaboré avec des agriculteurs des zones rurales de Tanzanie pour créer une application d'apprentissage automatique appelée « Nuru » (qui signifie lumière en swahili) pour diagnostiquer les premiers stades des maladies des plantes de manioc afin de faire progresser la production d'une culture de base commune qui fournit de la nourriture à plus de 500 millions de personnes. Nuru travaille directement sur les téléphones portables des agriculteurs, même sans connexion Internet, et les avertis de prendre des mesures d'intervention précoce en identifiant et en gérant rapidement les maladies des plantes de manioc, ce qui, à son tour, contribue à maintenir une production alimentaire constante.

Dans le même esprit, en Afrique du Sud, plusieurs start-ups d'IA résolvent les problèmes agricoles africains. Par exemple, MySmartFarm, Aerobatics, Drone Clouds et Farm Drive sont des technologies basées sur l'IA développées en Afrique du Sud pour résoudre les problèmes agricoles, notamment le diagnostic des maladies des plantes, la prévision des prix, le marketing, la consultation d'experts et l'accès aux services financiers.

3. Énergie

Les systèmes énergétiques africains sont confrontés à d'énormes défis en raison de la capacité africaine limitée en matière de production d'électricité et d'expérience. Par conséquent, l'Afrique connaît les formes de pauvreté énergétique les plus aiguës au monde. On estime que plus de 630 millions de personnes en Afrique vivent sans accès fiable à l'électricité et à des

combustibles de cuisine modernes et abordables, en particulier dans les pays subsahariens, où l'écart croissant en matière d'accès à l'électricité reste problématique. Cependant, la mauvaise interconnexion des réseaux électriques nationaux a un impact considérable sur la croissance économique, notamment dans des pays comme le Nigéria et l'Afrique du Sud.

Dans ce contexte, les technologies de l'IA peuvent également se faire sentir dans les domaines des industries traditionnelles du pétrole, du gaz et de l'électricité. Selon David G. Victor, trois groupes d'impacts semblent les plus susceptibles d'affecter l'énergie et le climat, en particulier dans le contexte africain : deux modifieront l'offre et la demande d'énergie, et un affectera la capacité des sociétés à comprendre comment les émissions affectent le climat et comment gérer ces impacts. Premièrement, l'impact le plus visible dans le domaine de l'énergie et du climat est l'impact de l'IA sur la manière dont l'énergie est fournie. En effet, les systèmes d'approvisionnement en énergie plus intelligents se déplacent vers l'extérieur des courbes d'offre. Par exemple, les systèmes d'apprentissage automatique peuvent améliorer la capacité à cartographier et à comprendre la taille et la valeur des gisements souterrains de pétrole et de gaz, facilitant ainsi l'exploitation de ces ressources à moindre coût. La même logique s'applique également aux énergies renouvelables.

Par exemple, la formation assistée par AI pour la conception et l'exploitation de parcs éoliens et solaires peut rendre ces systèmes beaucoup plus efficaces dans la manière dont ils utilisent des ressources financières et produisent de l'électricité. Deuxièmement, l'une des grandes promesses de l'ajout de l'IA aux marchés de l'énergie réside dans le fait de lier ce que veulent les clients à la gamme exacte d'options et aux conditions du marché pour fournir ces services énergétiques. L'apprentissage automatique est idéal pour déterminer avec précision ce que veulent les clients, puis ajuster les décisions d'achat d'énergie en conséquence. En théorie, l'apprentissage automatique pourrait rendre plus puissants un certain nombre de services déjà proposés sur le marché actuel, tels que : l'achat de crédits d'énergie verte (l'IA pourrait mieux intégrer des informations sur ce que les clients sont prêts à payer pour de l'énergie verte et également offrir différentes nuances de vert) et l'ajustement des décisions d'achat d'électricité (à mesure que les réseaux électriques jouent un rôle beaucoup plus important pour les générateurs renouvelables variables, le prix de l'électricité deviendra plus variable, créant une plus grande valeur sociale grâce aux ajustements en temps réel des achats d'électricité).

Dans ce contexte, l'IA peut permettre même aux petits consommateurs d'ajuster automatiquement leur consommation d'énergie en temps réel aux prix en vigueur. L'IA peut également contribuer à rendre l'approvisionnement en électricité plus fiable et adapté aux

besoins des consommateurs (les programmes d'IA pourraient intégrer les données relatives aux dangers, puis ajuster les opérations du réseau en conséquence, rendant le réseau plus sûr, plus efficace et plus fiable). Troisièmement, la plupart des changements climatiques d'origine humaine trouvent leur origine dans la manière dont nous utilisons l'énergie, en particulier les combustibles fossiles qui, une fois brûlés, génèrent du dioxyde de carbone (CO₂). Dans ce contexte, l'IA pourrait contribuer à améliorer radicalement l'évaluation du changement climatique.

Les évaluations actuelles de l'impact climatique s'appuient sur des modèles à l'échelle mondiale du système climatique qui sont ensuite réduits à des évaluations régionales et locales. Le processus de réduction d'échelle est complexe et imparfait, en partie parce que de multiples facteurs locaux affectent la manière dont les changements climatiques se manifestent là où les gens vivent réellement, le long des côtes, à proximité des zones d'incendies de forêt, dans les villes confrontées au stress thermique. L'IA permet de relier le processus imparfait de réduction d'échelle à des informations réelles sur les impacts réels, reflétés dans les réclamations d'assurance, les conditions météorologiques extrêmes, l'arrivée de migrants et les épidémies observées. L'IA pourrait aider à automatiser et enrichir ce processus, en apportant des ajustements réalisables en temps réel aux évaluations de l'impact climatique.

II. Champs d'applications de l'IA

L'intelligence artificielle est une présence constante dans notre vie quotidienne aujourd'hui. Depuis un appareil connecté qui diffuse une playlist basée sur les précédentes écoutes de nos achats, la technologie avance à plusieurs niveaux. Les domaines d'application se diversifient constamment, du médical aux transports et à la sécurité, en passant par le commerce et la finance.

1. L'IA utilisée dans la banque et la finance

Grâce à ses performances en matière de traitement automatique des données, l'intelligence artificielle a depuis longtemps trouvé sa place dans le secteur bancaire. Cela permet de recouper très rapidement les données, notamment celles qui peuvent être fournies par un client. La réponse est quasi instantanée et l'efficacité du processus a contribué à son succès. Dans le même ordre d'idées, les professionnels de la finance se sont tournés vers des algorithmes de nouvelle génération pour fournir des informations en temps réel sur l'état et les

rebonds du marché. Là encore, le machine learning est au service d'un domaine de pointe qui mise sur une réactivité quasi immédiate. La prospective est également grandement renforcée par l'intervention de l'IA, qui permet d'anticiper et d'imaginer des scénarios. Ici, l'IA met en pratique ce pour quoi elle a été conçue, en établissant des perspectives basées sur des éléments qui échappent parfois à la connaissance humaine.

2. L'IA appliquée à l'industrie

L'industrie bénéficie également des dernières évolutions technologiques en matière d'intelligence artificielle. De la conception à la production, toute une chaîne est désormais automatisée. Depuis des décennies, les fabricants sont conscients du rôle que l'IA peut jouer, un rôle qui ne fait que devenir de plus en plus sophistiqué de jour en jour. Les secteurs les plus sensibles bénéficient ainsi de techniques sans cesse améliorées. L'IA fait autant partie de la logistique et des achats que de la production elle-même. Ici, le déploiement de robots intelligents va de pair avec la formation de personnel qualifié pour les entretenir et les surveiller. Au-delà de ces aspects traditionnels, l'intelligence artificielle constitue également un outil majeur de prévision. Elle est donc en première ligne en matière d'anticipation réelle. Même les industries qui n'étaient pas convaincues au départ de la nécessité de tels systèmes refont désormais leurs processus de fabrication. Les secteurs pétrolier et métallurgique, par exemple, sont en train de transformer leurs méthodes de production et de transformation pour faire jouer l'IA, tout comme les industries déjà pleinement gérées de cette manière.

3. L'IA utilisée en sécurité

La sécurité est un autre domaine clé dans lequel l'IA est utilisée quotidiennement. Les logiciels de reconnaissance faciale font partie des outils utilisés au quotidien pour recouper les informations. À un autre niveau, l'IA est également à l'œuvre dans la protection des données Web. En effet, le machine learning a les moyens de prédire les cyberattaques et donc de les bloquer avant qu'elles ne surviennent. En matière de sécurité, il est donc important de concevoir la manière dont les données sont connectées de manière à protéger aussi bien les individus que les entreprises. Dans notre vie quotidienne, nous devons tous faire face à l'IA, ne serait-ce qu'en déverrouillant notre téléphone portable avec notre empreinte digitale. La reconnaissance vocale entre également en jeu à tout moment, que ce soit sur le lieu de travail ou dans nos communications personnelles. Ce secteur axé sur la sécurité connaît également une croissance rapide, à mesure que la demande augmente avec le développement de nouvelles technologies.

4. L'intelligence artificielle utilisée dans le secteur des transports

Les automobiles sont depuis longtemps équipées d'une IA plus ou moins sophistiquée. Aujourd'hui, la tendance est à une plus grande autonomie des véhicules, comme en témoignent les premiers taxis en circulation dans certaines villes américaines. En France, certaines zones urbaines sont équipées de navettes autonomes capables d'anticiper et d'éviter les accidents. Ce domaine en est encore à ses balbutiements, mais l'intelligence artificielle telle que nous la connaissons existe déjà dans le secteur des transports. Le pilotage automatique d'un avion ou d'un train à grande vitesse entre pleinement dans ce domaine. La capacité prédictive de la machine est telle qu'elle s'avère d'une grande aide en cas de moindre panne humaine. De plus, là aussi, les applications en sont encore à leurs balbutiements, car le secteur des transports est en constante inventivité. Le secteur automobile mise beaucoup sur ces innovations en installant des ordinateurs de bord qui agissent comme de véritables copilotes. Dans certains cas, ils ont démontré leur capacité à anticiper ce que même le conducteur le plus vigilant ne peut pas toujours prévoir.

5. IA utilisée dans le commerce et les services

Enfin, le commerce et les services font également appel aux compétences de l'intelligence artificielle. Lorsqu'un site de commerce électronique tente d'augmenter ses ventes et sa visibilité, cela implique une application directe de ce dont l'IA est capable. Même les grands distributeurs ont franchi le pas, notamment dans la gestion des stocks (Ade-Ibijola & Okonkwo, 2023).

En effet, un robot peut très bien être chargé de dresser un inventaire, là où cette tâche était auparavant confiée à un salarié. L'objectif est de gagner du temps et d'augmenter les performances en facilitant l'exécution des tâches automatiques. L'utilisation du Big Data permet également de cibler les clients en fonction de leurs attentes, ce qui est toujours plus pertinent. De toute évidence, les secteurs des services et de la vente au détail sont très demandeurs d'IA. Le rôle du chercheur est ici de répondre le plus efficacement possible aux impératifs de ces domaines d'activité.

Dans une certaine mesure, on peut considérer que l'on assiste encore aux prémices de ce qui deviendra une généralité dans les décennies à venir. Des secteurs initialement plus hésitants repensent désormais leurs stratégies et se tournent de plus en plus vers la haute technologie comme secteur en devenir. Les professionnels de l'IA redéfinissent constamment leurs objectifs, car les secteurs dans lesquels ils interviennent se multiplient chaque jour. Ce

n'est donc pas un hasard si une conférence sur l'IA est organisée chaque année pour récompenser les plus créatifs et réfléchir aux enjeux de demain.

6. Commerce électronique

L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans le commerce électronique a révolutionné la manière dont les entreprises interagissent avec les consommateurs, anticipent leurs besoins et optimisent leurs opérations. Cet essor de l'IA dans le domaine du commerce électronique repose sur plusieurs applications clés qui améliorent l'expérience d'achat, la personnalisation des recommandations et la gestion des stocks.

L'un des aspects prédominants de l'IA dans le commerce électronique est l'utilisation de moteurs de recommandation. Ces systèmes exploitent des algorithmes sophistiqués pour analyser les habitudes d'achat, les préférences individuelles et les comportements passés des consommateurs. En examinant ces données, les moteurs de recommandation peuvent générer des suggestions personnalisées, augmentant ainsi les chances de conversion et améliorant la satisfaction client. Par exemple, Amazon a considérablement amélioré son processus de recommandation grâce à des algorithmes d'IA, proposant des produits pertinents en se basant sur les achats précédents et les préférences des utilisateurs.

Un autre domaine clé de l'IA dans le commerce électronique est l'analyse prédictive. Les entreprises utilisent des modèles d'apprentissage automatique pour anticiper les tendances du marché, prévoir la demande des consommateurs et ajuster dynamiquement leurs stocks en conséquence. Ceci n'est pas seulement bénéfique pour optimiser les niveaux de stock, mais aussi pour éviter les ruptures de stock ou les surplus inutiles, améliorant ainsi l'efficacité opérationnelle et réduisant les coûts associés.

L'IA contribue également à la personnalisation des sites de commerce électronique. Les algorithmes analysent le comportement de navigation, les préférences individuelles et les interactions précédentes pour personnaliser l'interface utilisateur. Cela va au-delà des simples recommandations de produits et englobe la personnalisation de l'ensemble de l'expérience d'achat, des offres spéciales aux suggestions de recherche. Par conséquent, les consommateurs bénéficient d'une expérience plus pertinente et engageante.

Les chatbots, alimentés par l'IA, jouent également un rôle crucial dans le commerce électronique. Ces agents virtuels fournissent une assistance instantanée, répondent aux questions des clients et guident les utilisateurs tout au long du processus d'achat. Grâce à

l'apprentissage automatique, les chatbots s'améliorent continuellement en comprenant les besoins spécifiques des clients et en fournissant des réponses plus précises au fil du temps.

En matière de sécurité, l'IA est employée pour détecter les activités frauduleuses. Les algorithmes analysent les schémas de comportement des transactions pour identifier des anomalies potentielles, renforçant ainsi la sécurité des paiements en ligne.

Cependant, l'intégration de l'IA dans le commerce électronique soulève également des questions éthiques et de confidentialité. La collecte de données massives pour alimenter ces algorithmes nécessite une gestion prudente pour garantir le respect de la vie privée des utilisateurs.

L'évidence est donc frappante, l'IA a considérablement transformé le paysage du commerce électronique, améliorant l'efficacité opérationnelle, l'expérience client et la prise de décision stratégique. L'avenir promet encore des avancées passionnantes alors que les entreprises explorent de nouvelles façons d'appliquer l'IA pour rester compétitives et répondre aux attentes toujours croissantes des consommateurs.

7. L'IA dans l'éducation

L'IA et l'éducation sont un domaine qui explore la manière dont l'IA peut améliorer, transformer et responsabiliser les systèmes et les pratiques éducatives. L'IA offre divers avantages pour l'éducation en Afrique, tels que l'amélioration de l'accès, de la qualité, de l'équité et de la pertinence de l'éducation, ainsi que le soutien aux enseignants et aux apprenants dans le développement de leurs compétences en IA. Plusieurs initiatives concrètes ont été prises ou proposées par divers organismes éducatifs en Afrique pour adopter et intégrer l'IA dans l'éducation. Par exemple, l'Association des universités africaines (AUA) a organisé la Journée des universités africaines en 2023, sur le thème « L'intelligence artificielle dans l'enseignement supérieur en Afrique ». L'événement visait à présenter une plate-forme de dialogue critique entre les parties prenantes sur la manière dont l'IA pourrait être utilisée pour améliorer l'éducation, autonomiser les enseignants et améliorer l'enseignement (UNESCO, 2021) ; L'UNESCO, en coopération avec la Chine, a organisé le Forum international sur l'IA et l'éducation en 2022, avec la participation de représentants du gouvernement, du monde universitaire et de l'industrie d'Afrique et d'autres régions. Le forum a discuté des stratégies nationales, des principes éthiques, de l'égalité des sexes, des compétences en IA et des pédagogies basées sur l'IA pour l'IA et l'éducation (UNESCO, 2023). En outre, l'Institut africain des sciences mathématiques (AIMS) a lancé le programme African Masters in Machine

Intelligence (AMMI) en 2018, un programme de maîtrise novateur et unique qui offre une formation avancée en apprentissage automatique et en IA aux étudiants de toute l'Afrique. Le programme est soutenu par Facebook et Google et est hébergé dans les centres AIMS au Rwanda et au Ghana (Kiemde & Kora, 2022).

8. L'IA dans le secteur des transports

Dans le secteur des transports, plusieurs initiatives concrètes d'IA ont vu le jour à travers l'Afrique, entraînant des innovations et des avancées percutantes visant à améliorer l'efficacité, la sécurité et la durabilité des transports. Ces initiatives exploitent l'intelligence artificielle pour relever divers défis et transformer le paysage des transports et de la mobilité. L'écosystème africain de l'IA dans le secteur des transports se développe et évolue avec plusieurs applications et développements clés. L'IA est utilisée pour développer des véhicules autonomes qui utilisent des capteurs, des caméras et des algorithmes d'apprentissage automatique pour naviguer sur les routes et prendre des décisions sans intervention humaine (Mullane, 2023). Des algorithmes d'IA sont également déployés pour prédire les schémas de circulation et optimiser le flux de circulation en analysant les capteurs sur les routes et les systèmes de transport en commun (Mullane, 2023). Les innovateurs africains, quant à eux, créent des solutions locales pour relever les défis locaux avec des pays comme l'Afrique du Sud, le Kenya, l'Égypte et le Nigeria, qui sont les principaux pays en matière d'IA dans le secteur des transports (AI4G, 2022).

Certains pays développent des stratégies d'IA pour soutenir leur économie. Par exemple, Maurice a publié une stratégie d'IA axée sur son économie océanique qui vise à investir dans l'Internet des objets à Maurice et à établir un conseil d'IA pour conseiller le gouvernement sur le soutien de son écosystème. Cette stratégie vise également à améliorer les transports publics (Mubarik, 2020). Les applications d'IA pour la prévision des accidents de la route, la détection des comportements de conduite dangereux et l'analyse de la sécurité routière contribuent à améliorer les mesures de sécurité routière et la prévention des accidents, favorisant ainsi des infrastructures de transport plus sûres. Cartographier l'écosystème africain de l'IA dans le secteur des transports est un sujet très passionnant, et de nombreux progrès se sont produits dans ce domaine. Examinons de plus près certaines initiatives concrètes d'IA qui ont fait des vagues dans le secteur des transports en Afrique et leur impact jusqu'à présent.

En Afrique du Sud, des initiatives ont été prises pour mettre en œuvre des systèmes de maintenance prédictive basés sur l'IA pour les flottes de transports publics. Ces systèmes utilisent des algorithmes d'IA pour analyser les données des véhicules et prévoir les besoins de

maintenance, réduisant ainsi les temps d'arrêt et améliorant la fiabilité globale de la flotte. Cette initiative a permis de réaliser des économies pour les entreprises de transport et d'améliorer la fiabilité du service pour les passagers. En résolvant les problèmes de maintenance avant qu'ils ne deviennent critiques, les entreprises de transport peuvent gérer efficacement leur flotte et fournir des services plus fiables.

Au Kenya, l'IA est utilisée pour optimiser la gestion du trafic dans les zones urbaines. En utilisant des algorithmes d'IA pour analyser les modèles de trafic et ajuster dynamiquement les horaires des feux, des villes comme Nairobi s'efforcent de réduire les embouteillages et d'améliorer la fluidité du trafic. Cette initiative a le potentiel de réduire considérablement les temps de trajet, la consommation de carburant et la pollution environnementale. En outre, cela peut conduire à une circulation plus fluide, bénéficiant à la fois aux navetteurs et aux entreprises qui dépendent de chaînes d'approvisionnement efficaces.

Au Ghana, des projets pilotes ont été menés pour explorer les services de minibus autonomes dans certaines zones urbaines. Ces projets visent à utiliser l'IA et les technologies de capteurs pour permettre un transport autonome sûr et efficace dans les zones densément peuplées. En cas de succès, ces initiatives pourraient potentiellement transformer le transport urbain en offrant des solutions de mobilité plus efficaces et plus rentables. Cela pourrait avoir un impact substantiel sur l'accessibilité des transports publics et la mobilité urbaine globale. Au Nigeria, il existe des initiatives visant à développer des systèmes d'itinéraires de transports publics intelligents alimentés par l'IA.

Ces systèmes utilisent des algorithmes d'IA pour optimiser les itinéraires et les horaires des bus, en tenant compte des données de trafic en temps réel et des modèles de demande des passagers. En améliorant l'efficacité des itinéraires de transport en commun, cette initiative peut entraîner une réduction des temps de trajet, une fiabilité accrue et une meilleure accessibilité pour les passagers. Cela pourrait avoir un impact positif sur les déplacements quotidiens et la mobilité globale des résidents urbains. En Égypte, des initiatives en matière d'IA sont mises en œuvre pour améliorer la sécurité routière et prévenir les accidents. Les systèmes basés sur l'IA analysent diverses sources de données, notamment les schémas de circulation et le comportement des conducteurs, pour identifier les zones à haut risque et développer des stratégies proactives pour réduire les accidents. Cette initiative a le potentiel de sauver des vies et de réduire le fardeau économique des accidents de la route.

En tirant parti de l'IA pour une prévention proactive des accidents, elle peut contribuer à créer des infrastructures routières plus sûres et à promouvoir un comportement de conduite responsable. Au Rwanda, des initiatives ont été lancées pour explorer l'utilisation de l'IA pour les systèmes de livraison autonomes, en particulier dans les zones urbaines et reculées. Ces systèmes visent à livrer de manière autonome des marchandises et des fournitures essentielles, en tirant parti de l'IA pour l'optimisation des itinéraires et la navigation adaptative. En introduisant des systèmes de livraison autonomes, cette initiative pourrait améliorer considérablement l'efficacité de la logistique et de la chaîne d'approvisionnement, en particulier dans les zones ayant un accès limité aux infrastructures de transport traditionnelles. Il a le potentiel de faciliter une livraison plus rapide et plus fiable des marchandises, ce qui pourrait avoir un impact sur des secteurs allant du commerce électronique aux soins de santé.

Bien que ces initiatives comportent de nombreuses promesses, il existe également des défis et des considérations à relever, tels que la confidentialité des données, le développement des infrastructures et la garantie d'un accès équitable aux services de transport basés sur l'IA. Ces initiatives concrètes d'IA dans le secteur des transports en Afrique ont déjà un impact positif dans divers pays et ne représentent que quelques exemples des développements passionnants qui ont lieu à l'intersection de l'IA et des transports. Ces initiatives, parmi bien d'autres, contribuent à un écosystème croissant de solutions basées sur l'IA dans le secteur des transports en Afrique, avec le potentiel d'apporter des changements transformateurs en matière de mobilité, de sécurité et d'accessibilité. La diversité de ces initiatives reflète les approches innovantes adoptées pour relever les défis du transport à travers le continent.

DEUXIÈME PARTIE : PROBLÉMATIQUE

La santé est un domaine particulièrement important pour l'application de l'IA, car elle concerne la vie et le bien-être des êtres humains. A titre de rappel la santé globale est une approche qui vise à améliorer la santé de tous les individus et les populations, en tenant compte des déterminants sociaux, économiques, politiques et environnementaux de la santé. La santé globale en Afrique est un enjeu majeur, car le continent fait face à de nombreux défis sanitaires, tels que les maladies infectieuses, la malnutrition, la mortalité maternelle et infantile, ou le manque d'accès aux soins.

Aussi elle peut contribuer à améliorer la santé globale en Afrique, en offrant des solutions innovantes et adaptées aux besoins et aux contextes du continent. Cependant, l'IA pose également des défis et des risques, qui doivent être pris en compte pour assurer un déploiement éthique et responsable de l'IA en santé en Afrique. Ainsi, la question de recherche qui guide cette étude est la suivante :

Comment l'intelligence artificielle peut-elle contribuer à améliorer la santé globale en Afrique, tout en tenant compte des spécificités et des besoins du continent ?

Cette question nous amène à aborder les aspects suivants :

- Les opportunités offertes par l'IA pour résoudre des problèmes de santé globale en Afrique, tels que la prévention, le diagnostic, le traitement et la surveillance des maladies
- Les conditions nécessaires pour le déploiement efficace et responsable de l'IA en santé en Afrique, telles que les infrastructures, les données, les compétences et les cadres réglementaires
- Les impacts potentiels de l'IA sur la santé globale en Afrique, tant sur le plan positif (amélioration de l'accès, de la qualité et de la sécurité des soins) que négatif (risques de discrimination, d'exclusion ou de violation de la vie privée)

CHAPITRE 3 : IA, SANTÉ GLOBALE

La convergence entre l'Intelligence Artificielle (IA) et la santé globale représente une avancée significative dans la transformation des systèmes de santé à l'échelle mondiale. L'application de l'IA dans le domaine de la santé a le potentiel d'améliorer les soins, de réduire les disparités, et d'accroître l'efficacité des interventions médicales. En Afrique, continent confronté à des défis de santé uniques, cette convergence revêt une importance particulière. Cette revue de littérature explore les concepts clés de "santé globale" et "intelligence artificielle" en relation avec l'Afrique, en se penchant sur les usages, les opportunités, les défis et les perspectives.

I. Santé Globale : Un Cadre Conceptuel

La santé globale, souvent appelée "santé mondiale" ou "santé internationale", est un concept qui transcende les frontières nationales pour englober la santé et le bien-être des populations à l'échelle mondiale (Mark Nichter 2008). Elle repose sur l'idée que la santé est interconnectée et que les défis sanitaires, les maladies infectieuses, les déterminants sociaux de la santé et les inégalités en matière de santé ne connaissent pas de frontières géographiques. La santé globale prend en compte non seulement la prévention et le traitement des maladies, mais aussi des facteurs tels que l'accès aux soins de santé, l'éducation, la nutrition, la sécurité alimentaire, l'environnement et les déplacements de population. Donc il va au-delà de la simple absence de maladie pour englober le bien-être physique, mental et social, considérant que ces composantes sont intrinsèquement liées et ne peuvent être appréhendées de manière isolée (Eduscol 2019).

La santé globale reconnaît que les maladies infectieuses peuvent se propager rapidement à l'échelle mondiale, mettant en évidence la nécessité d'une réponse coordonnée et collaborative (Atlani-Duault & Vidal, 2013).

En Afrique, continent confronté à des défis de santé uniques, la santé globale revêt une importance particulière. La prévalence de maladies infectieuses telles que le paludisme, le VIH/SIDA et la tuberculose, ainsi que les inégalités en matière d'accès aux soins de santé, met en évidence la nécessité d'une approche inclusive et collaborative pour améliorer la santé des populations africaines.

La santé globale implique souvent une collaboration internationale, des partenariats entre gouvernements, organisations non gouvernementales (ONG), institutions académiques et secteur privé pour relever les défis sanitaires mondiaux. Elle est également liée aux Objectifs de Développement Durable des Nations Unies, en particulier à l'Objectif de Développement Durable 3 (ODD 3) qui vise à "assurer une vie saine et promouvoir le bien-être de tous à tout âge". Il ne serait donc pas faux d'affirmer qu'elle se nourrit de la recherche interdisciplinaire, de la collaboration internationale et de l'engagement politique. Aussi elle aspire à améliorer la santé et le bien-être de tous, en reconnaissant que la santé est un droit fondamental qui transcende les frontières nationales et les différences culturelles (CIUSSSCN 2016).

La santé globale émerge donc comme une notion complexe, résultat d'une évolution historique au sein du domaine de la santé publique internationale. Explorons les différentes dimensions de la santé globale, examinant son contexte historique, ses caractéristiques principales et ses implications dans le domaine de l'aide internationale en santé.

La santé globale s'inscrit dans la continuité de précédents paradigmes tels que la "médecine tropicale" et la "santé publique". Cependant, il identifie également un tournant marquant l'avènement d'une nouvelle ère de la santé publique internationale caractérisée par la prétention à l'universalité de la santé globale.

1. Dimensions de la Santé Globale

a) Dimension Transnationale

La nature transnationale de la santé globale, accentuée par les mouvements de circulation des personnes, des produits et des techniques. Les échanges internationaux de médicaments, de technologies médicales et même d'organes sont mis en avant, soulignant la nécessité d'une réponse collective aux problèmes de santé transcendant les frontières nationales.

b) Dimension Sociale de la Santé Globale

La dimension sociale de la Santé Globale reconnaît l'impact des inégalités sociales sur la santé des populations. Les travaux de Wilkinson et Pickett (2009) soulignent le lien étroit entre l'équité sociale et la santé, mettant en évidence que les sociétés plus égalitaires tendent à présenter de meilleurs indicateurs de santé. Dans cette perspective, les initiatives de Santé Globale visent à réduire les disparités économiques et sociales pour améliorer la santé collective.

c) Dimension Économique

L'économie est intrinsèquement liée à la santé, et la Santé Globale reconnaît que les facteurs économiques jouent un rôle déterminant dans l'accès aux soins de santé. Les travaux de Stuckler et al. (2010) montrent comment les crises économiques peuvent avoir des répercussions significatives sur la santé publique, soulignant la nécessité d'une approche intégrée tenant compte des dimensions économiques pour garantir la santé globale des populations.

d) Dimension Environnementale

La crise climatique mondiale met en évidence l'importance de la dimension environnementale de la Santé Globale. Les travaux du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) soulignent les impacts dévastateurs du changement climatique sur la santé, affectant les modèles de maladies, la sécurité alimentaire et l'accès à l'eau potable (IPCC, 2014). Ainsi, les approches de Santé Globale intègrent la durabilité environnementale pour assurer une santé future viable.

e) Implications Pratiques

La mise en pratique de la Santé Globale nécessite une collaboration interdisciplinaire et internationale. Des initiatives telles que le Mouvement pour la Santé Mondiale (World Health Organization, 2018) encourage la coopération entre les pays, les organisations de santé et les acteurs de la société civile pour aborder collectivement les défis sanitaires mondiaux.

2. Enjeux et Défis de la santé globale

Cependant, la réalisation de la Santé Globale est confrontée à des défis significatifs. Les inégalités d'accès aux soins, les différences culturelles, les problèmes politiques et les disparités économiques persistent comme des obstacles majeurs. De plus, la pandémie de COVID-19 a mis en évidence la fragilité des systèmes de santé mondiaux, soulignant la nécessité d'une approche plus collaborative et préventive.

a) Tournant Sécuritaire

La sécurité sanitaire devient une préoccupation majeure, amplifiée par des événements tels que les attentats du 11 septembre 2001, la crainte de bioterrorisme ou des menaces sanitaires mondiales, telles que les épidémies et les pandémies. Les financements massifs dédiés à la santé globale reflètent cette préoccupation sécuritaire.

b) Participation aux Politiques Néolibérales

Une analyse critique révèle la participation explicite de la santé globale aux politiques néolibérales de développement. Les inégalités générées par les programmes verticaux, concentrés sur des pathologies spécifiques et créant des disparités dans les systèmes de santé locaux.

c) Agenda du Néolibéralisme

La santé globale redéfinit le rôle des États, des ONG, des laboratoires pharmaceutiques et d'autres acteurs dans le domaine de la santé. Il met en évidence l'importance croissante des alliances public-privé et des fondations dans le paysage de la santé globale.

d) Réflexion sur l'Avenir

La santé globale ne doit pas être considérée comme un concept figé mais comme un processus en évolution. Il faudrait contextualiser l'analyse de la santé globale dans les politiques de développement, les relations internationales et la globalisation économique.

e) Perspectives Critiques

L'analyse critique de la santé globale met en lumière des paradoxes. Les ambitions politiques et sanitaires ne sont pas toujours soutenues par des moyens financiers adéquats. Les tensions entre les approches basées sur le marché et celles axées sur le bien public sont des défis inhérents à la mise en œuvre de la couverture sanitaire universelle (Atlani-Duault & Vidal, 2013b).

C'est pourquoi il serait important de construire un cadre éthique reliant la recherche en santé globale et l'équité en santé.

Dans une perspective de santé et de justice sociale, les bioéthiciens soutiennent que la recherche en santé mondiale devrait générer des connaissances nouvelles pour améliorer la santé des personnes défavorisées, favoriser leur participation à la prise de décision et renforcer la recherche dans les pays à revenu faible et intermédiaire (PRFI). La recherche en santé mondiale, axée sur les problèmes de santé dans les PRFI, doit contribuer à réduire les disparités entre les pays et à l'intérieur de ceux-ci, selon les théories de la justice politique. Cela s'aligne sur les positions de la Commission de la recherche en santé pour le développement et de l'OMS, qui considèrent les partenariats internationaux comme un moyen puissant de réduire les inégalités.

La justice, comprise comme la promotion de l'équité, est une valeur clé orientant la recherche en santé mondiale. Cependant, entreprendre des recherches en santé mondiale ne garantit pas automatiquement la production de connaissances utiles pour améliorer les soins de santé. Un programme de recherche éthique a donc été lancé en 2009 pour élaborer un cadre éthique comblant cette lacune. Ce cadre, nommé « Recherche pour la justice en matière de santé », offre des conseils éthiques aux chercheurs et aux bailleurs de fonds en santé mondiale pour concevoir des projets de recherche promouvant l'équité.

3. Élaboration du cadre de la recherche pour la justice en santé.

L'approche méthodologique utilisée pour élaborer le cadre est l'équilibre réflexif, consistant à naviguer entre les considérations théoriques et les faits empiriques. Dans trois cycles d'équilibre réflexif, des études de cas ont été menées en collaboration avec des chercheurs de divers pays. Le paradigme de la capacité de santé a été choisi comme base théorique, offrant des obligations éthiques pour les chercheurs en santé mondiale. Ce paradigme, basé sur les travaux d'Amartya Sen et Martha Nussbaum, définit des obligations selon les fonctions des acteurs dans l'architecture mondiale de la santé.

Selon ce paradigme, la recherche pour la justice en santé implique de respecter les droits en matière de santé des plus défavorisés mondialement. Les obligations fonctionnelles assignent des tâches spécifiques aux chercheurs, tels que la création d'interventions, l'adaptation des traitements existants, le renforcement des capacités de recherche, la prestation de soins auxiliaires et la promotion de l'adoption de la recherche. Ce paradigme préconise une gouvernance partagée de la santé, comprenant la promotion des objectifs de justice, la souveraineté partagée, le partage des ressources, la responsabilité partagée et la responsabilité collective mutuelle.

Les résultats du cycle 1 ont influencé les directives du cadre pour la recherche biomédicale et clinique, la prestation de soins auxiliaires et le développement des capacités de recherche. La démarche réflexive, combinée à des études de cas empiriques, a permis d'adapter les orientations théoriques aux réalités de la recherche en santé mondiale, offrant ainsi un cadre éthique robuste pour promouvoir l'équité en santé mondiale.

Six corpus de littérature clés traitant de la participation dans des contextes de disparités de pouvoir ont été analysés pour déterminer les composantes de l'engagement et les lieux de pouvoir qui leur sont associés. Des travaux conceptuels ont été entrepris pour cerner les

considérations éthiques liées au partage du pouvoir à chaque site dans l'établissement des priorités de recherche en santé mondiale.

Un travail empirique a suivi pour explorer les points de vue des informateurs clés sur ce qui est nécessaire pour partager le pouvoir avec les communautés, en particulier celles considérées comme défavorisées et marginalisées, dans l'établissement des priorités de recherche en santé mondiale. Cinquante et un entretiens approfondis et un groupe de discussion ont été réalisés, couvrant des perspectives de chercheurs, d'éthiciens, de praticiens de l'engagement communautaire, de membres du personnel d'organisations communautaires, de personnes ayant une expérience vécue et de membres du public.

Deux études de cas rétrospectives sur les processus d'établissement des priorités en matière de recherche en santé, impliquant des collectivités en tant que partenaires, ont été menées en Inde et aux Philippines. Ces études ont permis de recueillir des données sur les expériences et les perspectives des chercheurs universitaires, des partenaires communautaires, des enquêteurs sur le terrain de la communauté et des membres de la communauté impliqués dans l'établissement des priorités.

4. Élargissement vers la Recherche sur les Systèmes de Santé

Dans le Cycle 2, l'objectif était d'étendre les directives du cadre de recherche pour la justice en santé à la recherche sur les systèmes de santé. Cette expansion était nécessaire pour mieux aborder les complexités de l'équité en santé à l'échelle des systèmes. Le paradigme des capacités de santé, initialement développé dans le Cycle 1, a été le point de départ, mais son application a été affinée en intégrant d'autres perspectives philosophiques sur la prise de décision inclusive.

Des études empiriques ont joué un rôle central dans ce cycle, mettant en lumière la nécessité d'orientations spécifiques pour la recherche sur les systèmes de santé. Les travaux se sont concentrés sur des études de cas, en particulier sur le consortium Future Health Systems.

Les résultats de ces études ont alimenté un processus itératif d'affinement des lignes directrices du cadre. L'objectif était de créer des recommandations pratiques pour guider les chercheurs et les décideurs engagés dans la recherche sur les systèmes de santé. L'application du cadre dans des contextes concrets a permis de tester sa robustesse et de le modéliser en fonction des défis réels rencontrés sur le terrain.

En résumé, le Cycle 2 a été une phase cruciale d'adaptation du cadre initial pour répondre aux défis spécifiques posés par la recherche sur les systèmes de santé, permettant ainsi une meilleure intégration de l'équité en santé à cette échelle.

Le Cycle 3 a été entreprise pour renforcer les orientations du cadre en matière d'établissement de priorités de recherche inclusive avec les communautés, en particulier celles considérées comme défavorisées ou marginalisées. L'objectif était de partager le pouvoir décisionnel avec ces communautés dans l'établissement de l'ordre du jour, garantissant ainsi que leurs voix et leurs connaissances soient prises en compte dans les sujets de recherche et les objectifs des projets de recherche en santé mondiale.

Les résultats du cycle 3 ont abouti à des orientations plus précises sur la façon dont l'établissement des priorités devrait être conçu pour que les connaissances et les voix des partenaires communautaires et de leurs communautés soient visibles dans les sujets et les questions des projets de recherche. Ces lignes directrices ont été intégrées dans le cadre de la "recherche pour la justice en matière de santé". Les conseils sur la portée, l'espace, l'animation et les règles de base du processus sont tirés des résultats du cycle 3.

Le cadre de la recherche pour la justice en santé vise à aider les chercheurs et les bailleurs de fonds en santé mondiale à lier systématiquement leur pratique à l'avancement de l'équité en santé mondiale. Il suppose que la valeur de la justice est au cœur de la recherche en santé mondiale et qu'elle devrait la guider. La justice est comprise en termes d'équité, bien que d'autres concepts de justice et de valeurs au-delà de la justice soient également pertinents.

Le cadre offre des conseils sur les populations et les questions de recherche, le renforcement des capacités de recherche, les soins auxiliaires, et les avantages post-étude en lien avec l'équité en santé mondiale. Il prend en compte plusieurs domaines de recherche en santé mondiale, notamment la génomique, la recherche clinique et la recherche sur les systèmes de santé. Bien que certaines lignes directrices puissent être plus directement applicables à certains domaines, une pratique réflexive peut aider les chercheurs à adapter ces lignes directrices à leurs propres recherches.

Les limites conceptuelles et empiriques du cadre sont reconnues, et des révisions futures sont envisagées en fonction des pratiques de recherche, des nouveaux travaux conceptuels et empiriques, et des perspectives d'autres acteurs. Le cadre a été principalement testé dans le contexte de la recherche clinique et des systèmes de santé dans les PRFI, et son application à d'autres domaines de recherche en santé mondiale est en cours (*BMJ Santé Globale*).

En conclusion, le cadre de la recherche pour la justice en santé offre des conseils éthiques solides, s'appuyant sur des théories de la justice et des études de cas empiriques, pour orienter les chercheurs et les bailleurs de fonds en santé mondiale vers une pratique plus équitable, inclusive et axée sur l'amélioration de la santé des populations défavorisées et marginalisées.

II. L'intersection IA et Santé globale

La recherche sur l'intersection entre la santé globale et l'IA a connu une expansion significative ces dernières années, avec une attention croissante portée à l'application de l'IA pour relever les défis sanitaires mondiaux, notamment en Afrique (Owoyemi et al., 2020a). Cette intersection représente un domaine passionnant et en rapide évolution qui promet de transformer fondamentalement la manière dont nous abordons la santé à l'échelle mondiale. La santé globale, qui vise à améliorer la santé et le bien-être de toutes les populations, et l'IA, qui se réfère à la capacité des machines à effectuer des tâches nécessitant normalement l'intelligence humaine, convergent pour relever des défis complexes et innover dans le secteur de la santé (*Artificial Intelligence in Global Health*, 2023).

1. Historique de l'IA en santé globale

L'histoire de l'intelligence artificielle (IA) (« Histoire de l'intelligence artificielle », 2023) en santé globale est une évolution passionnante qui a vu l'IA passer d'une idée conceptuelle à une réalité révolutionnaire. Alors il est important d'établir un aperçu de l'historique de l'IA en santé globale :

- Les origines de l'IA en santé globale remontent aux années 1950, lorsque les premiers systèmes experts ont été développés pour aider les médecins à poser des diagnostics ou à choisir des traitements. Par exemple, le système MYCIN, créé dans les années 1970, était capable de diagnostiquer des infections bactériennes et de recommander des antibiotiques appropriés.
- Dans les années 1980 et 1990, l'IA en santé globale a connu un essor avec l'apparition des réseaux neuronaux artificiels, qui permettent d'apprendre à partir de données et de reconnaître des motifs complexes. Par exemple, le système PAPNET (O'Leary et al., 1998), créé dans les années 1990, était capable de détecter des cellules anormales dans des frottis cervicaux et de réduire le taux de faux négatifs (Cenci et al., 2000).

- Dans les années 2000 et 2010, l'IA en santé globale a bénéficié des progrès du big data, du cloud computing et de l'apprentissage profond, qui ont permis de traiter des volumes massifs de données et de réaliser des tâches plus sophistiquées (« Watson (intelligence artificielle) », 2023). Par exemple, le système IBM Watson, créé dans les années 2010, était capable d'analyser des données médicales structurées et non structurées, telles que des articles scientifiques, des dossiers médicaux ou des images radiologiques, et de fournir des recommandations cliniques personnalisées (Vonintsoa, 2022).
- Depuis les années 2020, l'IA en santé globale fait face à de nouveaux défis et opportunités liés à la pandémie de COVID-19, qui a révélé la nécessité d'une collaboration internationale, d'une éthique et d'une gouvernance adaptée, et d'une inclusion des populations les plus vulnérables. Par exemple, l'Organisation mondiale de la santé (OMS) a publié en 2021 son premier rapport mondial sur l'IA en santé et six principes directeurs pour sa conception et son utilisation (OMS 2021).

CHAPITRE 4 : DÉFIS LIÉS À L'ADOPTION DE L'IA EN AFRIQUE

L'adoption de l'intelligence artificielle (IA) en Afrique est un domaine d'étude complexe qui soulève des défis multidimensionnels et suscite des interrogations cruciales. Ce chapitre se penche sur les obstacles inhérents à la mise en œuvre de l'IA sur le continent africain, explorant les enjeux variés qui entravent sa diffusion et son intégration dans divers secteurs.

Au centre de ces défis se trouvent des considérations socio-économiques, technologiques, éthiques et culturelles, qui complexifient le paysage de l'adoption de l'IA en Afrique. L'évaluation minutieuse de ces obstacles est essentielle pour comprendre les dynamiques spécifiques qui façonnent l'acceptation et l'utilisation de l'IA dans ce contexte particulier.

Ainsi il vise à identifier et à analyser de manière approfondie ces défis, fournissant une base solide pour la compréhension des complexités entourant l'intégration de l'IA en Afrique. En examinant ces obstacles de manière critique, il contribue à la littérature existante en offrant des perspectives éclairantes sur les facteurs qui influent sur la trajectoire de l'adoption de l'IA dans cette région.

I. Evolution de l'IA sur le continent africain

Alors que l'IA en Afrique a pris un essor considérable ces dernières années, le récit historique de la présence de l'IA sur le continent est ancré dans une chronologie qui reflète l'intersection du progrès technologique, de la recherche universitaire, de l'innovation et de la quête d'applications percutantes adaptées aux contextes locaux. Explorons l'évolution historique de l'IA en Afrique, en retraçant les principales étapes, initiatives et contributions.

Dans la seconde moitié du XXe siècle, les universités et instituts de recherche africains ont commencé à s'intéresser aux concepts fondamentaux de l'IA, principalement à travers des programmes universitaires, des projets de recherche et des collaborations avec des institutions internationales. Les premières contributions d'universitaires africains à la recherche et au développement de l'IA, couvrant des domaines tels que la robotique, l'apprentissage automatique et le traitement du langage naturel, ont jeté les bases de l'émergence d'une expertise locale dans les disciplines liées à l'IA. La création de centres de recherche sur l'IA, d'incubateurs technologiques et de pôles d'innovation dans les pays africains, notamment en

Afrique du Sud, au Kenya, au Nigéria et au Rwanda, a joué un rôle central dans la promotion de la recherche, de la collaboration et des partenariats industriels axés sur l'IA (Gadzala, 2018).

La collaboration entre le monde universitaire, l'industrie et les entités gouvernementales a favorisé l'échange de connaissances, le transfert de technologie et la localisation de solutions orientées IA adaptées aux contextes africains. Les chercheurs, universitaires et praticiens africains participent de plus en plus à des conférences, colloques et initiatives collaboratives internationales sur l'IA, contribuant ainsi au discours mondial et à l'échange de connaissances et d'innovations en matière d'IA. Les efforts de collaboration avec les organisations internationales d'IA, les consortiums universitaires et les acteurs de l'industrie ont facilité le partage des connaissances, le renforcement des capacités et les projets collaboratifs centrés sur la recherche et le développement de l'IA en Afrique.

Les efforts visant à adapter les technologies d'IA pour résoudre les défis locaux, tels que l'accessibilité aux soins de santé, l'optimisation agricole, la préservation des langues et la gestion des infrastructures, ont mis en évidence l'importance de l'IA pour le bien social dans les communautés africaines. Des initiatives et des projets locaux, menés par des innovateurs, des chercheurs et des entrepreneurs locaux, ont contribué au développement d'applications d'IA adaptées aux divers contextes linguistiques, culturels et sociétaux en Afrique. L'exploration des cadres éthiques de l'IA, des réglementations sur la confidentialité des données et du déploiement responsable de l'IA dans les contextes africains est devenue de plus en plus importante, avec des efforts visant à garantir que les technologies de l'IA sont alignées sur les principes éthiques et répondent aux besoins sociétaux locaux. Plusieurs gouvernements africains ont reconnu le potentiel de l'IA en matière de croissance économique, d'innovation et d'impact social, ce qui a conduit à la formulation de politiques, de stratégies d'investissement et de mesures de soutien liées à l'IA pour favoriser les écosystèmes d'IA tel au Sénégal.

Alors que l'adoption de l'IA continue de se développer, l'accent est mis sur son exploitation pour relever les défis sociétaux, promouvoir la croissance économique et générer un impact positif dans divers secteurs industriels et communautés. Les initiatives centrées sur l'innovation communautaire, le développement inclusif de l'IA et la collaboration avec les parties prenantes locales visent à cultiver un paysage d'IA diversifié et représentatif qui répond aux besoins et aspirations uniques des sociétés africaines. L'histoire de l'IA en Afrique est marquée par une trajectoire d'efforts universitaires, de partenariats industriels, d'innovation localisée et de considérations éthiques qui ont ouvert la voie au continent pour exploiter le potentiel de l'IA pour une croissance durable et inclusive.

1. Infrastructures et contraintes technologiques.

L'implantation de l'intelligence artificielle en Afrique est confrontée à des défis complexes liés aux infrastructures et aux contraintes technologiques spécifiques au contexte africain. L'une des principales contraintes qui entravent l'adoption de l'IA en Afrique est le sous-développement des infrastructures de santé. De nombreuses régions du continent souffrent d'un manque d'installations médicales de base, de personnel de santé qualifié et d'équipements médicaux modernes. Ce manque d'infrastructures adéquates rend difficile l'intégration de l'IA dans les pratiques de santé courantes. Cependant, l'IA peut aider à surmonter ces défis en fournissant des solutions innovantes pour les soins de santé, telles que la télémédecine, les diagnostics automatisés et la surveillance à distance.

De ce fait il est entendu par infrastructures de santé, l'ensemble des équipements, des installations, des systèmes d'information et des réseaux de communication nécessaires pour assurer la prestation des services de santé. Elles comprennent notamment les hôpitaux, les centres de santé, les laboratoires, les pharmacies, les dispositifs médicaux, les logiciels, les bases de données et les plateformes (Brookings Institution 2022). Or, ces infrastructures sont souvent insuffisantes, obsolètes ou inadaptées en Afrique.

Parlant du sous-développement de ces infrastructures, l'un des principaux défis est le manque de connectivité et de bande passante dans de nombreuses régions du continent. L'IA nécessite souvent une connexion Internet haut débit et stable pour fonctionner correctement, ce qui n'est pas toujours disponible dans les zones rurales ou reculées. Malgré une augmentation significative des raccordements au haut débit en Afrique, la pénétration de la 3G et de la 4G reste limitée, avec une couverture haut débit mobile atteignant seulement 70 % de la population en moyenne sur le continent. Ce faible taux de pénétration limite la portée et l'impact de l'IA en santé, qui repose souvent sur des plateformes en ligne ou des applications mobiles (BIRD 2019).

Un autre défi lié à l'infrastructure est le manque de données fiables et de qualité sur la santé en Afrique. L'IA repose sur l'analyse de grandes quantités de données pour apprendre, s'adapter et fournir des solutions personnalisées. Or, les systèmes de santé en Afrique souffrent souvent d'un déficit de données, dû à des problèmes de collecte, de stockage, de partage et de protection des informations.

Selon un rapport de l'OMS, la plupart des pays africains ne disposent pas de systèmes d'information sanitaire robustes et intégrés, qui permettent de collecter, de gérer et d'analyser des données sanitaires à différents niveaux du système de (OMS 2022). Ce manque de données

entraîne des difficultés pour planifier, mettre en œuvre, suivre et évaluer les interventions de santé, ainsi que pour mesurer les progrès vers les objectifs de développement durable (Hammadoun Dia 2022).

Le manque de données fiables et de qualité sur la santé en Afrique a des conséquences négatives sur la qualité des services de santé, la sécurité des patients, la prévention des maladies, la réponse aux urgences sanitaires, la recherche et l'innovation. Par exemple, selon un autre rapport de l'OMS, la mauvaise qualité des prestations menace les acquis dans le domaine de la santé en Afrique, et est responsable de 10% des décès maternels et de 23% des décès d'enfants de moins de cinq ans. De même, le manque de données fiables et de qualité sur la santé en Afrique rend difficile la détection et la gestion des épidémies, comme le montre la crise actuelle du COVID-19 (Rachel Ndirangu, Rosemarie Muganda-Onyando 2020).

Pour remédier à ce manque de données fiables et de qualité sur la santé en Afrique, il est nécessaire de renforcer les capacités des pays à collecter, à gérer et à utiliser les données sanitaires, en tirant parti des opportunités offertes par la santé numérique. Il s'agit notamment de développer des systèmes d'information sanitaire intégrés, qui couvrent l'ensemble du continuum des soins, du niveau communautaire au niveau national, et qui sont interopérables avec d'autres sources de données, comme les registres civils, les enquêtes démographiques et sanitaires, les recensements, etc. Il s'agit également de former et d'équiper les agents de santé, les gestionnaires, les décideurs et les chercheurs, pour qu'ils puissent collecter, analyser et utiliser les données sanitaires de manière efficace et éthique. Enfin, il s'agit de promouvoir la gouvernance, la coordination, le financement et la réglementation de la santé numérique, afin d'assurer la qualité, la sécurité, la confidentialité et l'équité des données sanitaires (OMS 2018).

Face à ces défis, plusieurs initiatives ont été mises en œuvre pour promouvoir et renforcer la santé numérique en Afrique. Par exemple, le DHIS2 est une plateforme open source qui permet de collecter, de gérer et d'analyser des données sanitaires à différents niveaux du système de santé. Il est utilisé dans plus de 40 pays africains pour soutenir la surveillance des maladies, la couverture vaccinale, la gestion des stocks, etc (DHIS2 2018). D'autres exemples de solutions numériques sont les applications mobiles, les téléconsultations, les capteurs biométriques, les drones, etc., qui visent à améliorer l'information, la prévention, le diagnostic, le traitement et le suivi des patients.

Ces initiatives montrent le potentiel de la santé numérique pour transformer les systèmes de santé en Afrique. Toutefois, pour que ce potentiel se concrétise, il faut adopter une approche holistique et collaborative, qui implique tous les acteurs concernés, tels que les gouvernements, les bailleurs de fonds, les prestataires de santé, les communautés, les chercheurs, les développeurs, etc. Il faut également renforcer les capacités, les normes, les politiques et les mécanismes de coordination, de financement et d'évaluation de la santé numérique (Laurence, 2021). Enfin, il faut mettre l'accent sur la qualité, la sécurité, l'éthique et l'équité des services de santé numériques, afin de garantir le respect des droits et des besoins des utilisateurs.

Enfin, un défi lié aux contraintes technologiques est le manque de capacités et de compétences en matière d'IA en santé en Afrique (Mugure, 2023). L'IA est un domaine complexe et multidisciplinaire, qui requiert des connaissances et des compétences en informatique, en mathématiques, en statistique, en médecine, en éthique, en droit, etc (Windhoek (Namibie),2022). Or, l'Afrique souffre d'une pénurie de personnel qualifié et formé dans ces domaines, ce qui limite sa capacité à développer, à déployer et à réguler l'IA en santé. Ce déséquilibre entrave la participation et l'innovation des acteurs africains dans le domaine de l'IA en santé, et les rend dépendants des solutions importées ou imposées par des acteurs extérieurs.

2. Enjeux éthiques, réglementaires et de confidentialité des données.

L'utilisation de l'IA en santé soulève des questions éthiques et légales importantes, notamment en ce qui concerne la confidentialité des données, la responsabilité en cas d'erreur de diagnostic, et l'équité dans l'accès aux technologies d'IA. Il apparaît être essentiel de mettre en place des cadres réglementaires adaptés pour garantir une utilisation éthique et responsable de l'IA en santé.

Voici quelques-uns de ces questions :

- L'éthique de l'IA concerne les principes et les valeurs qui doivent guider le développement et l'utilisation de l'IA, afin de respecter la dignité humaine, les droits de l'homme, la justice sociale, la diversité culturelle, etc. L'UNESCO a adopté en novembre 2021 la Recommandation sur l'éthique de l'intelligence artificielle, qui est le premier instrument normatif mondial sur le sujet (UNESCO, 2024). Cette recommandation vise à promouvoir une IA humaniste, inclusive, équitable et durable, qui soit conforme aux normes internationales et aux spécificités régionales et locales.

- La réglementation de l'IA concerne les règles et les lois qui doivent encadrer le développement et l'utilisation de l'IA, afin de garantir sa conformité aux normes éthiques, de protéger les intérêts des utilisateurs et des consommateurs, de prévenir les abus et les détournements, de favoriser la confiance et la transparence, etc. L'Union européenne travaille à élaborer un cadre réglementaire pour l'IA, basé sur l'excellence et la confiance. Ce cadre vise à assurer la sécurité et le respect des droits fondamentaux des citoyens européens, tout en soutenant l'innovation et la compétitivité des acteurs européens de l'IA. L'Afrique doit également se doter d'un cadre réglementaire adapté à son contexte, en tenant compte des spécificités de ses pays, de ses secteurs et de ses applications d'IA.
- La confidentialité des données concerne la protection des informations personnelles ou sensibles qui sont collectées, traitées, stockées ou partagées par les systèmes d'IA, afin de respecter le droit à la vie privée, le consentement, la sécurité, etc. L'IA repose sur l'analyse de grandes quantités de données, qui peuvent être utilisées pour des fins bénéfiques ou malveillantes. L'Afrique doit donc veiller à ce que les données utilisées par l'IA soient de qualité, pertinentes, représentatives, accessibles, mais aussi sécurisées, anonymisées, contrôlées, etc. Donc logiquement l'Afrique doit également renforcer ses capacités en matière de gouvernance des données, de cybersécurité, de lutte contre la cybercriminalité, etc (UNESCO 2021).

3. Formation et éducation nécessaires pour utiliser l'IA dans le domaine de la santé

Pour utiliser l'IA dans le domaine de la santé en Afrique, il faut disposer d'une formation et d'une éducation adaptées, qui tiennent compte des spécificités du contexte africain.

Or il y a un reflet de manque de capacités et de compétences en matière d'IA en santé en Afrique, qui limite la capacité du continent à développer, à déployer et à réguler l'IA en santé. Il est donc nécessaire de renforcer les formations sur l'IA en santé, à la fois au niveau académique et professionnel, en impliquant les différents acteurs du secteur de la santé, tels que les médecins, les infirmiers, les pharmaciens, les chercheurs, les gestionnaires, les décideurs, etc.

Plusieurs initiatives existent déjà pour former et éduquer les professionnels de la santé à l'IA en Afrique, comme par exemple :

- Le Diplôme Universitaire Intelligence Artificielle IA appliquée en santé, proposé par l'Université de Paris, qui vise à promouvoir l'IA en santé et à accompagner les changements liés à l'IA en santé, sociétaux, techniques et professionnels. Ce diplôme s'adresse aux professionnels de santé, aux ingénieurs, aux chercheurs, aux entrepreneurs, aux étudiants et aux décideurs publics, qui souhaitent comprendre les enjeux de l'IA en santé et être en mesure de coordonner un projet d'IA en santé.
- Le cycle d'écoles d'IA en santé AI4Health, organisé par l'Institut national de recherche en sciences et technologies du numérique (Inria) et l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm), qui vise à former les chercheurs et les cliniciens à l'utilisation de l'IA pour la santé. Ce cycle propose des sessions thématiques sur des domaines d'application de l'IA en santé, tels que l'imagerie médicale, la génomique, la médecine personnalisée, etc.
- Le programme Data Science Africa, soutenu par l'Université de Makerere en Ouganda, qui vise à former les étudiants et les professionnels africains aux méthodes et aux outils de la science des données et de l'IA, avec une attention particulière aux applications pour le développement durable et la santé (Ecofin 2021). Ce programme organise des ateliers, des conférences, des cours en ligne et des projets collaboratifs sur des sujets tels que la détection des maladies, la surveillance épidémiologique, la télémédecine, etc.

4. Inégalités dans l'Accès à l'IA en Santé : Comment les inégalités socio-économiques peuvent-elles affecter l'accès à l'IA en santé ?

L'accès à l'IA en santé n'est pas égal pour tous, et peut être affecté par les inégalités socio-économiques existantes. Et ces inégalités peuvent avoir un impact sur l'accès à l'IA en santé de plusieurs manières, par exemple :

- Les inégalités de revenus peuvent limiter la capacité des personnes à payer pour des services de santé basés sur l'IA, qui peuvent être coûteux ou non remboursés par les systèmes de protection sociale. Par exemple, une étude a montré que les personnes à faible revenu aux États-Unis étaient moins susceptibles d'utiliser des applications de santé mobiles que les personnes à revenu élevé (Jean Emmanuel Bibault, 2023).

- Les inégalités d'éducation peuvent réduire la capacité des personnes à comprendre et à utiliser l'IA en santé, qui peut être complexe ou nécessiter des compétences numériques.
- Les inégalités de santé peuvent affecter la disponibilité et la qualité des données nécessaires au fonctionnement de l'IA en santé, qui repose sur l'analyse de grandes quantités de données médicales. Une étude a montré que les données utilisées par l'IA en santé étaient souvent biaisées en faveur des populations blanches et riches, ce qui pouvait entraîner des erreurs ou des discriminations pour les populations minoritaires ou pauvres.
- Les inégalités territoriales peuvent entraver l'accès à l'infrastructure et à la connectivité nécessaires au déploiement de l'IA en santé, qui requiert souvent une connexion Internet haut débit et stable. Par exemple, une étude a montré que les zones rurales ou reculées en Afrique souffraient d'un manque de connectivité et de bande passante, ce qui limitait la portée et l'impact de l'IA en santé.

L'intelligence artificielle, en tant que branche scientifique qui étudie et développe des machines intelligentes, est un élément important de la quatrième révolution industrielle qui entraînera des changements fondamentaux dans la façon dont les gens vivent, travaillent et interagissent les uns avec les autres. La croissance rapide de l'intelligence artificielle entraîne de nombreux changements, opportunités et défis, car cette IA est intégrée dans tous les secteurs des différentes économies. En Afrique, la création et la mise en œuvre de l'IA transforment les vies et les cultures de diverses manières, notamment sur les plans économique, social et politique (Ade-Ibijola & Okonkwo, 2023).

L'IA a longtemps été associée au développement économique et social (Luan et al., 2020), même si son impact reste à vérifier. En termes économiques, par exemple, on dit que l'intelligence artificielle, en combinant les données disponibles, la puissance de calcul et les innovations algorithmiques, pourrait doubler les taux de croissance économique d'ici 2035.

Il est donc important d'examiner et d'évaluer les pratiques d'information adoptées par les acteurs de l'IA afin de garantir un développement et une utilisation responsables et éthiques de cette technologie. Accroître l'adoption de l'IA en Afrique nécessite le développement d'écosystèmes dynamiques basés sur cinq parties prenantes qui constituent la base du succès de l'IA, notamment les décideurs politiques, les universités, les grandes entreprises, les start-ups et les partenariats multipartites (Ade-Ibijola & Okonkwo, 2023) (Ade-Ibijola & Okonkwo, 2023). En raison de l'adoption généralisée des technologies mobiles en Afrique, on peut espérer

que les technologies de l'IA seront la prochaine vague de technologies à être largement acceptées. Cependant, à l'exception de quelques pays (comme l'Afrique du Sud, le Nigeria, l'Éthiopie, le Kenya et le Ghana), l'adoption généralisée des applications de l'IA en Afrique n'est pas encore une réalité.

Les facteurs cruciaux nécessaires à l'adoption de la technologie font malheureusement défaut dans la majeure partie de l'Afrique, et de nombreux pays d'Afrique manquent toujours de l'infrastructure, de la gouvernance, de l'écosystème de données, de l'éducation STEM (sciences, technologie, ingénierie et mathématiques) et d'autres facteurs nécessaires à l'IA.

5. Incertitudes

Même si l'adoption et l'utilisation d'applications d'IA deviennent courantes, il reste difficile pour certains dirigeants d'entreprise de quantifier les avantages associés à cette technologie. L'IA présente certains avantages bien connus, tels que la réponse instantanée, le gain de temps, les progrès médicaux et la génération de revenus ; d'autres avantages tels que l'automatisation des processus, l'apprentissage amélioré et l'expérience client sont encore difficiles à comprendre pour les utilisateurs africains (Okonkwo & Ade-Ibijola, 2021).

Parce que ces technologies imitent l'intelligence humaine, c'est-à-dire qu'elle accomplit le travail humain d'une manière différente, la question est donc : l'adoption d'applications d'IA est-elle bénéfique ou non ? Alors que certains chefs d'entreprise et parties prenantes croient et font confiance à cette technologie, d'autres craignent que la mise en œuvre de l'IA ne perturbe leurs méthodes de travail traditionnelles. En tant que continent en développement, l'Afrique, la connaissance de l'IA en est encore à ses débuts et la population n'est pas encore certaine de ses avantages. La peur de l'inconnu constitue un défi majeur pour l'adoption et l'utilisation de l'IA en Afrique.

6. Manque d'écosystème de données structurées

Les initiatives d'IA s'appuient sur la qualité et la quantité du contenu des données pour fournir des informations ou des réponses précises aux utilisateurs dans chaque situation. Dans de nombreux cas, une IA échouera si les données utilisées pour entraîner le système d'IA ne reflètent pas les variables démographiques de la population ciblée. Un système Chatbot, par exemple, nécessite des informations complètes sur ses opérations pour fournir des réponses correctes aux utilisateurs ; si l'information demandée par l'utilisateur ne se trouve pas dans la banque de données, le système échouera.

Les pénuries de données en Afrique sont bien connues dans le contexte du développement (Ade-Ibijola & Okonkwo, 2023) indiquent que des données de haute qualité sont des indicateurs essentiels de croissance par rapport aux objectifs de développement durable (ODD) et un apport clé pour le développement des technologies modernes. La Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (CEA) a déclaré que les écosystèmes de données africains en sont aux « premiers stades de la révolution africaine des données et que le secteur privé devient de plus en plus un acteur critique et dynamique au sein des écosystèmes de données africains » (UNECA, 2016).

Les méthodes d'apprentissage automatique ne valent que par les données qui leur sont fournies. Les algorithmes d'IA incluent des préjugés trouvés dans les données ou même chez l'individu qui a créé le processus, propageant ainsi les disparités sociales. Ceci est particulièrement important en Afrique, où les utilisateurs sont plus susceptibles d'importer des algorithmes d'apprentissage automatique construits et formés à l'étranger en utilisant des données qui peuvent ne pas reconnaître ou être biaisées contre des parties importantes de la population africaine. Pour permettre aux chercheurs, aux développeurs et aux utilisateurs d'adopter des solutions d'IA, un pool de données plus profond, plus vaste et plus accessible est nécessaire. Sur les marchés en développement, en particulier dans les zones instables ou touchées par des conflits, des données de haute qualité ne sont pas toujours disponibles ou accessibles.

7. Manque de politiques gouvernementales pertinentes

Alors que les technologies basées sur l'IA commencent à envahir les activités commerciales, de gouvernance et d'éducation, il est nécessaire d'élaborer une politique sur les stratégies de mise en œuvre de l'IA dans les pays africains, comme on le voit dans les pays développés comme l'Australie, la Chine, la France et les États-Unis. Bien que certains pays africains, comme Maurice, l'Égypte, la Zambie, la Tunisie et le Botswana, aient reconnu le potentiel de l'IA pour stimuler le PIB et aient développé des stratégies nationales en matière d'IA, et que l'Afrique du Sud, le Nigeria et le Kenya aient adopté des lois sur la protection des données, tous sont encore à leurs balbutiements.

L'Union africaine (UA) a proposé la promulgation de lois et de réglementations sur l'IA, appelées réglementation structurée de l'IA, pour gérer les avantages de la technologie pour les Africains. La majeure partie de la population africaine constitue une majorité tardive et est à la traîne en matière d'adoption de l'innovation ; ils adoptent une approche « attentiste » en matière

d'adoption de technologies (Okonkwo & Ade-Ibijola, 2021) . L'UA doit accélérer l'adoption et la mise en œuvre bien structurées de la technologie basée sur l'IA afin de stimuler son adoption parmi la population africaine. Dans l'ensemble, il existe un manque général de politiques pertinentes susceptibles de donner la priorité à la conception et à la mise en œuvre de l'IA ainsi que de répondre aux impacts potentiels sur la société.

9. Attitudes des utilisateurs

Un autre défi auquel est confronté l'adoption des systèmes d'IA en Afrique est l'attitude des utilisateurs. L'attitude d'un adoptant à l'égard de l'adoption et du rejet d'une invention peut être favorable, négative et appréhendant. Selon (Wang et al. 2008), les attitudes sont un principal facteur prédictif ayant un impact sur l'adoption d'un nouveau produit ; une meilleure connaissance des attitudes de manière bien définie est donc nécessaire.

Les Africains sont très sceptiques quant à l'adoption et à l'utilisation des nouvelles technologies en raison des influences culturelles et sociales. Dans une étude sur l'adoption de l'IA dans l'enseignement supérieur, Chatterjee et Bhattacharjee (2020) ont révélé que les intentions comportementales des individus quant à l'utilisation de l'IA dans l'enseignement supérieur sont influencées par leurs attitudes. De même, une autre recherche sur l'adoption de produits de génie logiciel a prouvé que l'attitude des utilisateurs influence l'adoption de logiciels.

Cela conduit à la conclusion que les autorités de l'enseignement supérieur trouveraient utile et bénéfique de façonner les attitudes des parties prenantes afin de façonner leurs intentions et leurs comportements. En conséquence, si les étudiants ont une perception négative des applications de la technologie Chatbot dans l'éducation, ils hésiteront à adopter et à utiliser cette technologie. La perception positive d'une innovation accélère son adoption.

TROISIÈME PARTIE : MÉTHODOLOGIE

CHAPITRE 5 : POSITIONNEMENT EPISTÉMOLOGIQUE

I. Approche de recherche

Les méthodologies qualitatives et quantitatives constituent deux approches principales de la recherche en sciences sociales.

1. Approche quantitative

La recherche quantitative fait référence au type de recherche basée sur les principes méthodologiques du positivisme et du néopositivisme et adhère aux normes de conception de recherche strictes élaborées avant le début de la recherche.

Le principe du positivisme souligne principalement que l'étude doit commencer par la collecte d'informations plutôt que par la spéculation. Il utilise des mesures quantitatives et l'utilisation de l'analyse statistique.

La recherche quantitative implique la collecte de données numériques afin d'expliquer, prédire et contrôler des phénomènes d'intérêt, l'analyse des données étant principalement statistique. Il s'agit de collecter des données afin de tester des hypothèses ou de répondre à des questions concernant l'état actuel du sujet de l'étude. La recherche quantitative est appliquée afin de décrire les conditions actuelles ou d'étudier les relations, y compris les relations de cause à effet.

Les méthodes de collecte de données utilisées par les chercheurs quantitatifs sont nombreuses, diverses, simples et directes. Les méthodes les plus courantes sont les enquêtes, les méthodes documentaires, les observations, la sociométrie et les méthodes expérimentales.

Les théories quantitatives justifient normalement des généralisations. Atteindre la représentativité est l'un des objectifs de la recherche quantitative et plusieurs méthodes ont été conçues à cet effet. La plupart de ces méthodes traitent de l'échantillonnage probabiliste ainsi que de la détermination de la bonne taille d'échantillon et de la composition de l'échantillon en général. Des techniques statistiques ont été développées pour faciliter ce processus, les erreurs types sont par exemple calculées et des techniques utilisées peuvent aider à atteindre une taille d'échantillon qui permettra à l'étude de revendiquer sa représentativité.

Les chercheurs quantitatifs tentent de contrôler autant de variables que possible. Ils préfèrent donc les stratégies de recherche telles que l'échantillonnage aléatoire, l'assignation

aléatoire, les groupes de traitement, l'utilisation d'instruments standardisés et, le cas échéant, l'égalisation des conditions des groupes à comparer.

Parce que les chercheurs quantitatifs sont plus préoccupés par la généralisabilité de leurs résultats que par leur signification, ils collectent généralement des données sur autant de sujets que possible, en utilisant des techniques d'échantillonnage probabiliste.

Les données quantitatives collectées à partir de diverses sources grâce à l'utilisation de différents outils et techniques comprennent généralement des chiffres numériques, des évaluations, des narrations descriptives et des réponses à des questions ouvertes, des citations et des notes de terrain. L'analyse des données de recherche quantitatives est soit paramétrique lorsque le niveau de mesure est un intervalle et un rapport, soit non paramétrique lorsque l'échelle de mesure est nominale ou ordinale.

2. L'approche qualitative

Le but de la recherche qualitative est de promouvoir une meilleure compréhension non seulement de la façon dont les choses sont, mais aussi des raisons pour lesquelles elles sont telles qu'elles sont. Grâce à des observations intensives et approfondies, des entretiens et des discussions, le chercheur qualitatif cherche à dériver et à décrire des résultats qui favorisent une meilleure compréhension de comment et pourquoi les gens se comportent comme ils le font. Il explique et acquiert un aperçu et une compréhension des phénomènes grâce à une collecte intensive de données narratives.

Le modèle de recherche qualitative a été développé principalement dans le domaine des sciences sociales, puis appliqué aux problèmes éducatifs seulement ces dernières années. Ce modèle a été développé par des anthropologues et des sociologues et est généralement appelé enquête « qualitative », naturaliste, « ethnographique », « subjective » ou « post-positiviste ».

L'enquête qualitative utilise différentes revendications de connaissances, stratégies d'enquête et méthodes de collecte et d'analyse de données. Il s'appuie sur des données textuelles et images, comporte des étapes uniques d'analyse des données et s'appuie sur diverses stratégies d'enquête. L'examen du paysage des procédures qualitatives montre des perspectives allant de la pensée postmoderne aux perspectives idéologiques et de l'orientation philosophique aux lignes directrices procédurales systématiques.

Dans la recherche qualitative, les données collectées sont généralement subjectives et le principal outil de mesure pour la collecte des données est l'enquêteur lui-même.

Par conséquent, avant de mener une recherche efficace, le chercheur a besoin d'une formation et d'une pratique intensives sur les méthodes qu'il prévoit d'utiliser.

Un processus de recherche qualitative permet donc de comprendre un contexte ou une activité sociale vu du point de vue des participants à la recherche. Pour atteindre cet objectif, un chercheur est guidé par les caractéristiques fondamentales des études qualitatives, les stratégies d'enquête, le rôle du chercheur dans l'étude, la stratégie d'échantillonnage ciblée pour les sites et les individus, les formes de collecte de données et la justification donnée pour leur utilisation. , les procédures d'enregistrement de l'information, les étapes d'analyse des données, l'organisation des données pour l'analyse, l'examen des données pour obtenir une idée de l'information, le codage des données, l'élaboration de codes pour former une description ou pour identifier des thèmes, l'interrelation des thèmes, les manières de représenter les données à travers des graphiques, des tableaux, des figures, les bases d'interprétation de l'analyse (expériences personnelles, littérature, questions, programme d'action) et l'indication des multiples stratégies de validation des résultats.

Plusieurs définitions de la recherche ont été données dans le premier chapitre. Pour la recherche qualitative, cela inclut également l'orientation vers la solution d'un problème, l'accent mis sur le développement de généralisations, de principes ou de théories qui seront utiles pour prédire les événements futurs. Mais avant tout, la recherche qualitative s'appuie sur des expériences observables ou des preuves empiriques, exigeant une observation précise et une interaction avec les répondants dans l'environnement.

La recherche qualitative est une recherche dont les données sont essentiellement de nature descriptive. Cela signifie que les données à obtenir sont généralement exprimées en termes non numériques. Même si la description est soulignée, cela ne signifie pas que les chiffres numériques ne sont jamais utilisés.

L'approche de recherche qualitative est une approche dans laquelle le chercheur présente souvent des affirmations de connaissances basées principalement sur des perspectives constructivistes (c'est-à-dire les significations multiples des expériences individuelles, des significations socialement et historiquement construites dans le but de développer une théorie ou un modèle) ou des perspectives de plaidoyer/participation (qui (c'est-à-dire axé sur les questions politiques, axé sur la collaboration ou axé sur le changement) ou les deux. Il utilise également des stratégies d'enquête telles que des récits, des phénoménologies, des ethnographies, des études théoriques fondées ou des études de cas. Le chercheur collecte des

données ouvertes et émergentes dans le but principal de développer des thèmes à partir des données.

Bien que la méthode d'approche quantitative traite de la généralisabilité des résultats plutôt que de leur signification, l'utilisation d'hypothèses à ce stade est problématique :

- L'utilisation d'hypothèses est problématique pour de nombreuses raisons mais surtout parce qu'elle détermine le déroulement de l'étude dès le départ et restreint les options de questions et de réponses, imposant aux répondants des opinions ou des intentions qu'ils n'auraient pas pu exprimer autrement.
- La procédure de recherche employée par les chercheurs quantitatifs présuppose la présence d'un plan de recherche, comprenant des hypothèses, avant le début de la recherche. Par conséquent, cette conception détermine ce qui est pertinent et comment cela sera étudié et ce qui est significatif et requis avant même le début de l'étude. Cela restreint les possibilités du processus de recherche, bloque l'initiative et la motivation du chercheur, limite l'efficacité de la recherche et produit des données artificielles qui ne reflètent pas la réalité dans son ensemble.

D'un autre côté, la recherche qualitative n'est pas prédéterminée ou préstructurée par des hypothèses et des procédures qui pourraient en limiter l'objet, la portée ou le fonctionnement. Sa perception et son approche sont ouvertes à tous égards, principalement en ce qui concerne ses objets de recherche, la situation de recherche ou la méthode de recherche à mettre en œuvre. C'est pourquoi pour notre étude, nous utiliserons le mode d'approche qualitatif.

Ceux qui entreprennent des études qualitatives disposent d'un nombre déconcertant de choix d'approches. On peut se faire une idée de cette diversité en examinant plusieurs classifications ou typologies. L'une des classifications les plus populaires est celle de Tesch (1990), qui a organisé 28 approches en quatre branches d'un organigramme, triant ces approches en fonction de l'intérêt central de l'enquêteur ; Wolcott (1992) a classé les approches dans un diagramme en « arbre » dont les branches désignent les stratégies de collecte de données ; Miller et Crabtree (1992) ont organisé 18 types selon le « domaine » de la vie humaine qui préoccupe principalement le chercheur, comme l'accent mis sur l'individu, le monde social ou la culture. Dans le domaine de l'éducation, Jacob (1987) a classé toutes les recherches qualitatives en « traditions » telles que l'écologie, la psychologie, l'interactionnisme symbolique et l'ethnographie holistique. Lancy (1993) a organisé une enquête qualitative dans des disciplines telles que l'anthropologie, la sociologie, la biologie, la psychologie cognitive et

l'histoire. Denzin et Lincoln (2005) ont organisé leurs types de stratégies d'enquête qualitatives en ethnographie (performance et représentation ethnographique), études de cas, théorie fondée, approches de vie et narratives, recherche-action participative et recherche clinique.

John W. Creswell présente ses stratégies qualitatives selon cinq approches : récit, phénoménologie, théorie ancrée, ethnographie et étude de cas. En bref, les systèmes de classification des types de recherche qualitative ne manquent pas et nous nous concentrerons beaucoup sur les stratégies qualitatives de John Creswell.

Avec autant de possibilités, comment a-t-il choisi les cinq approches présentées dans son livre sur « l'enquête qualitative et la conception de la recherche ». Le choix des cinq approches résulte du respect d'intérêts personnels, de la sélection de différents centres d'intérêt et du choix de choisir des orientations disciplinaires représentatives. Les cinq approches abordées dans son livre reflètent les types de recherche qualitative les plus fréquemment observés dans la littérature sur les sciences sociales, comportementales et de la santé. Il n'est pas rare non plus que des auteurs affirment que certaines approches sont très importantes dans leur domaine (par exemple Morse et Field, 1995). Aussi, avec sa préférence pour les approches avec des procédures d'enquête systématiques. C'est -à-dire qu'il a découvert que des livres qui adoptent des méthodes rigoureuses de collecte et d'analyse de données ont également contribué à la sélection des cinq. Ces livres étaient également utiles dans la mesure où ils représentaient différentes perspectives disciplinaires dans les sciences sociales, comportementales et de la santé. Par exemple, le récit provient des sciences humaines et sociales, la phénoménologie de la psychologie et de la philosophie, la théorie fondée de la sociologie, l'ethnographie de l'anthropologie et de la sociologie, et les études de cas des sciences humaines et sociales et de domaines appliqués tels que la recherche en évaluation. Les idées principales de son livre proviennent de plusieurs livres qu'il a synthétisés pour refléter des approches savantes et rigoureuses de la recherche qualitative. Concernant la recherche narrative, il fait référence à la perspective éducative de Clandinin et Connelly (2000) mais considère également l'approche organisationnelle de Czarniawakg. (2004) et l'approche biographique de Denzin (1999a). Discutant de phénoménologie, il a largement avancé une perspective psychologique basée sur Moustakas. (1994) et inclut également l'approche interprétative de van Manen (1990). Pour décrire la théorie ancrée, son approche s'appuie sur l'approche systématique des sociologues Strauss et Corbin (1990) mais intègre également des idées de l'approche sociologique constructiviste plus récente de Charmaz. (2006). En discutant de l'ethnographie, il s'appuie sur la perspective de l'anthropologie éducative de Wolcott (1999) et intègre d'autres perspectives

de LeCompte et Schensul (1999) ainsi que les positions interprétatives d'Atkinson, Coffey et Delamont (2003). Dans la description des études de cas, il s'appuie sur une perspective d'évaluation de Stake (1995), mais inclut également l'orientation des sciences sociales appliquées et des sciences cognitives de Yin (2003).

Le processus de conception de la recherche dans la recherche qualitative commence par les hypothèses philosophiques que les chercheurs formulent lorsqu'ils décident d'entreprendre une étude qualitative. De plus, les chercheurs apportent au projet de recherche leurs propres visions du monde, paradigmes ou ensembles de croyances, qui éclairent la conduite et la rédaction de l'étude qualitative. De plus, dans de nombreuses approches de recherche qualitative, les chercheurs utilisent des cadres interprétatifs et théoriques pour façonner davantage l'étude. Une bonne recherche nécessite de rendre explicites ces hypothèses, paradigmes et cadres dans la rédaction d'une étude et, au minimum, d'être conscient qu'ils influencent la conduite de l'enquête. Le but de ce chapitre est de rendre explicites les hypothèses formulées lorsque l'on choisit de mener une recherche qualitative, les visions du monde ou paradigmes disponibles dans la recherche qualitative, ainsi que les divers cadres interprétatifs et théoriques qui façonnent le contenu d'un projet qualitatif.

Cinq hypothèses philosophiques conduisent au choix d'un individu en matière de recherche qualitative : les hypothèses ontologiques, épistémologiques, axiologiques, rhétoriques et méthodologiques. Le chercheur qualitatif choisit une position sur chacune de ces hypothèses, et ce choix a des implications pratiques pour la conception et la conduite de la recherche. Bien que les paradigmes de la recherche évoluent continuellement, quatre seront mentionnés qui représentent les convictions des chercheurs qu'ils apportent à la recherche qualitative : le post-positivisme, le constructivisme, le plaidoyer/participation et le pragmatisme. Chacun représente un paradigme différent pour formuler des affirmations sur la connaissance, et les caractéristiques de chacun diffèrent considérablement. Encore une fois, la pratique de la recherche est éclairée. Enfin, le chapitre abordera les cadres théoriques, les communautés interprétatives qui se sont développées au sein de la recherche qualitative et qui éclairent les procédures spécifiques de recherche. Plusieurs de ces cadres seront abordés : les théories postmodernes, la recherche féministe, la théorie critique et la théorie critique de la race, la théorie queer et l'enquête sur le handicap. Les trois éléments évoqués ci-dessus – les hypothèses, les paradigmes et les cadres d'interprétation se chevauchent et se renforcent souvent. Pour les besoins de notre discussion, ils seront discutés séparément.

II. Hypothèses philosophiques

Dans le choix de la recherche qualitative, les enquêteurs font certaines hypothèses. Ces hypothèses philosophiques consistent en une position envers la nature de la réalité (ontologie), la manière dont le chercheur sait ce qu'il sait (épistémologie), le rôle des valeurs dans la recherche (axiologie), le langage de la recherche (rhétorique) et les méthodes utilisées dans le processus (méthodologie) (Creswell, 2003). Ces hypothèses, présentées dans le tableau 2.1, sont adaptées des questions « axiomatiques » avancées par Guba et Lincoln (1988). Cependant, ma discussion s'écarte de leur analyse de trois manières. Je n'oppose pas les hypothèses qualitatives ou naturalistes aux hypothèses conventionnelles ou positives comme ils le font, reconnaissant qu'aujourd'hui la recherche qualitative est légitime en soi et n'a pas besoin d'être comparée pour atteindre la respectabilité. J'ajoute à leurs problèmes une de mes propres préoccupations, l'hypothèse rhétorique, reconnaissant qu'il faut prêter attention au langage et aux termes de l'enquête qualitative. Enfin, je discute des implications pratiques de chaque hypothèse dans le but de rapprocher la philosophie et la pratique.

La question ontologique concerne la nature de la réalité et ses caractéristiques. Lorsque les chercheurs mènent des recherches qualitatives, ils adoptent l'idée de réalités multiples. Différents chercheurs embrassent des réalités différentes, tout comme les individus étudiés et les lecteurs d'une étude qualitative. Lorsqu'ils étudient des individus, les chercheurs qualitatifs mènent une étude dans le but de rendre compte de ces multiples réalités. La preuve de réalités multiples comprend l'utilisation de plusieurs citations basées sur les mots réels de différents individus et présentant différentes perspectives d'individus. Lorsque les auteurs compilent une phénoménologie, ils rapportent comment les individus participant à l'étude perçoivent différemment leurs expériences (Moustakas, 1994).

Sous l'hypothèse épistémologique, mener une étude qualitative signifie que les chercheurs tentent de se rapprocher le plus possible des participants étudiés. En pratique, les chercheurs qualitatifs mènent leurs études sur le « terrain », où les participants vivent et travaillent – ce sont des contextes importants pour comprendre ce que disent les participants. Plus les chercheurs restent longtemps sur le « terrain » ou apprennent à connaître les participants, plus ils « savent ce qu'ils savent » grâce à des informations de première main. Une bonne ethnographie nécessite un séjour prolongé sur le site de recherche (Wolcott, 1999). En bref, le chercheur essaie de minimiser la « distance » ou la « séparation objective » (Guba et Lincoln, 1988, p. 94) entre lui-même et les personnes étudiées.

Tous les chercheurs apportent des valeurs à une étude, mais les chercheurs qualitatifs aiment expliciter ces valeurs. C'est l'hypothèse axiologique qui caractérise la recherche qualitative. Comment le chercheur met-il en pratique cette hypothèse ? Dans une étude qualitative, les enquêteurs admettent la nature chargée de valeurs de l'étude et rapportent activement leurs valeurs et leurs préjugés ainsi que la nature chargée de valeurs des informations recueillies sur le terrain. On dit qu'ils se « positionnent » dans une étude. Dans une biographie interprétative, par exemple, la présence du chercheur est apparente dans le texte et l'auteur admet que les histoires racontées représentent autant une interprétation et une présentation de l'auteur que du sujet de l'étude (Denzin, 1989a).

Les chercheurs sont connus pour fournir des étiquettes et des noms à certains aspects des méthodes qualitatives (Koro-Ljungberg & Greckhamer, 2005). Il existe une rhétorique pour le discours de la recherche qualitative qui a évolué au fil du temps. Les chercheurs qualitatifs ont tendance à adopter l'hypothèse rhétorique selon laquelle l'écriture doit être de forme personnelle et littéraire. Par exemple, ils utilisent des métaphores, ils se réfèrent à eux-mêmes en utilisant le pronom à la première personne, « je », et ils racontent des histoires avec un début, un milieu et une fin, parfois conçues de manière chronologique, comme dans la recherche narrative (Clandinin et Connelly, 2000). Au lieu d'utiliser des termes quantitatifs tels que « validité interne », « validité externe », « généralisabilité » et « objectivité », le chercheur qualitatif rédigeant une étude de cas peut employer des termes tels que « crédibilité », « transférabilité », « fiabilité », et la « confirmabilité » (Lincoln & Guba, 1985) ou la « validation » (Angen, 2000), ainsi que les généralisations naturalistes (Stake, 1995). Des mots tels que « comprendre », « découvrir » et « sens » forment le glossaire des termes qualitatifs émergents (voir Schwandt, 2001) et sont d'importants marqueurs rhétoriques dans la rédaction des énoncés d'objectif et des questions de recherche (comme nous le verrons plus loin). Le langage du chercheur qualitatif devient personnel, littéraire et basé sur des définitions qui évoluent au cours d'une étude plutôt que d'être définies par le chercheur. On voit rarement une section détaillée « Définition des termes » dans une étude qualitative, car les termes tels que définis par les participants sont d'une importance primordiale.

Les procédures de recherche qualitative, ou sa méthodologie, sont caractérisées comme inductives, émergentes et façonnées par l'expérience du chercheur dans la collecte et l'analyse des données. La logique suivie par le chercheur qualitatif est inductive, partant de la base, plutôt que transmise entièrement à partir d'une théorie ou du point de vue du chercheur. Parfois, les questions de recherche changent au milieu de l'étude pour mieux refléter les types de questions

nécessaires à la compréhension du problème de recherche. En réponse, « la stratégie de collecte de données, prévue avant l'étude, doit être modifiée pour accompagner les nouvelles questions. Au cours de l'analyse des données, le chercheur suit un chemin d'analyse des données pour développer une connaissance de plus en plus détaillée du sujet étudié.

Tableau : hypothèses philosophiques avec implications pour la pratique

Hypothèse	Question	Caractéristiques	Implications pour la pratique (exemples)
Ontologique	Quelle est la nature de la réalité ?	La réalité est subjective et multiple, comme le voient les participants à l'étude	Le chercheur utilise des citations et des thèmes dans les mots des participants et fournit des preuves de différentes perspectives
Épistémologique	Quelle est la relation entre le chercheur et l'objet de la recherche ?	Le chercheur tente de réduire la distance entre lui-même et l'objet de la recherche.	Le chercheur collabore, passe du temps sur le terrain avec les participants et devient un « initié »
Axiologique	Quel est le rôle des valeurs ?	Le chercheur reconnaît que la recherche est chargée de valeurs et que des préjugés sont présents	Le chercheur discute ouvertement des valeurs qui façonnent le récit et inclut sa propre interprétation en conjonction avec celles des participants.
Rhétorique	Quel est le langage de la recherche ?	Le chercheur écrit dans un style littéraire et informel en utilisant sa voix personnelle et utilise des termes qualitatifs et des définitions limitées.	Le chercheur utilise un style narratif engageant, peut utiliser des pronoms à la première personne et emploie le langage de la recherche qualitative.
Méthodologique	Quel est le processus de recherche ?	Le chercheur utilise la logique inductive, étudie le sujet dans son contexte et utilise une conception émergente	Le chercheur travaille avec des détails avant les généralisations, décrit en détail le contexte de l'étude et révisé continuellement les questions à partir de ses expériences sur le terrain.

❖ **Paradigmes ou visions du monde**

Les hypothèses reflètent une position particulière adoptée par les chercheurs lorsqu'ils choisissent la recherche qualitative. Une fois que les chercheurs ont fait ce choix, ils façonnent davantage leur recherche en y intégrant des paradigmes ou des visions du monde. Un paradigme ou une vision du monde est « un ensemble de croyances fondamentales qui guident l'action » (Guba, 1990, p. 17). Ces croyances ont été appelées paradigmes (Lincoln & Guba, 2000 ; Mertens, 1998) ; hypothèses philosophiques, épistémologies et ontologies (Crotty, 1998) ; méthodologies de recherche largement conçues (Neuman, 2000), et les revendications de connaissances alternatives (Creswell, 2003). Les paradigmes utilisés par les chercheurs qualitatifs varient en fonction de l'ensemble des croyances qu'ils apportent à la recherche, et les types ont continuellement évolué au fil du temps (opposez les paradigmes de Denzin et Lincoln, 1994, aux paradigmes de Denzin et Lincoln, 2005). Les individus peuvent également utiliser plusieurs paradigmes compatibles dans leurs recherches qualitatives, tels que les visions du monde constructionniste et participative (voir Denzin et Lincoln, 2005). Dans cette discussion, je me concentre sur quatre visions du monde qui éclairent la recherche qualitative et identifient comment ces visions du monde façonnent la pratique de la recherche. Les quatre sont le post-positivisme, le constructivisme, le plaidoyer/participation et le pragmatisme (Creswell, 2003). Il est utile de voir les principaux éléments de chaque paradigme et la manière dont ils éclairent différemment la pratique de la recherche.

❖ **Post-positivisme**

Ceux qui s'engagent dans des recherches qualitatives en utilisant un système de croyances fondé sur le post-positivisme adopteront une approche scientifique de la recherche. L'approche présente les éléments d'être réductionniste, logique, mettant l'accent sur la collecte de données empiriques, orientée cause à effet et déterministe basée sur des théories a priori. Nous pouvons voir cette approche à l'œuvre chez les individus ayant une formation préalable en recherche quantitative et dans des domaines tels que les sciences de la santé dans lesquels la recherche qualitative est une nouvelle approche de la recherche et doit être formulée dans des termes acceptables pour les chercheurs quantitatifs et les agents de financement (par exemple, l'utilisation a priori de la théorie ; voir Barbour, 2000). Un bon aperçu des approches post-positivistes est disponible dans Phillips et Burbules (2000).

En termes de pratique, les chercheurs postpositivistes considéreront probablement l'enquête comme une série d'étapes logiquement liées, croiront aux perspectives multiples des participants plutôt qu'à une réalité unique et adopteront des méthodes rigoureuses de collecte

et d'analyse de données qualitatives. Ils utiliseront plusieurs niveaux d'analyse des données pour plus de rigueur, emploieront des programmes informatiques pour faciliter leur analyse, encourageront l'utilisation d'approches de validité et rédigeront leurs études qualitatives sous la forme de rapports scientifiques, avec une structure ressemblant à des approches quantitatives (par exemple, problème, questions, collecte de données, résultats, conclusions).

Mon approche de la recherche qualitative a été identifiée comme appartenant au postpositivisme (Denzin et Lincoln, 2005), tout comme les approches d'autres (par exemple, Taylor et Bogdan, 1998). J'ai tendance à utiliser ce système de croyance, même si je ne qualifierais pas l'ensemble de mes recherches de s'inscrire dans une orientation qualitative postpositiviste (voir par exemple l'approche constructiviste dans McVea, Harter, McEntarffer et Creswell, 1999, et la perspective de justice sociale dans McVea, Harter, McEntarffer et Creswell, 1999). Miller et Creswell, 1998). Dans leur discussion ici des cinq approches, par exemple, je mets l'accent sur les procédures systématiques de théorie fondée trouvées dans Strauss et Corbin (1990), les étapes analytiques de la phénoménologie (Moustakas, 1994) et les stratégies d'analyse alternatives de Yin (2003).

❖ **Constructivisme social**

Le constructivisme social (souvent combiné à l'interprétivisme ; voir Mertens, 1998) est une autre vision du monde. Dans cette vision du monde, les individus cherchent à comprendre le monde dans lequel ils vivent et travaillent. Ils développent des significations subjectives de leurs expériences, des significations dirigées vers certains objets ou choses. Ces significations sont variées et multiples, ce qui amène le chercheur à rechercher la complexité des points de vue plutôt que de restreindre les significations à quelques catégories ou idées. Le but de la recherche est donc de s'appuyer autant que possible sur les points de vue des participants sur la situation. Souvent, ces significations subjectives sont négociées socialement et historiquement. En d'autres termes, ils ne sont pas simplement imprimés sur les individus mais se forment par l'interaction avec les autres (d'où le constructivisme social) et par les normes historiques et culturelles qui opèrent dans la vie des individus. Plutôt que de partir d'une théorie (comme dans le post-positivisme), les chercheurs génèrent ou développent de manière inductive une théorie ou un modèle de signification. Des exemples d'auteurs récents qui ont résumé cette position sont Crotty (1998), Lincoln et Guba (2000), Schwandt (2001) et Neuman (2000).

En termes de pratique, les questions deviennent larges et générales afin que les participants puissent construire le sens d'une situation, sens généralement forgé lors de

discussions ou d'interactions avec d'autres personnes. **Plus le questionnement est ouvert, mieux c'est, car le chercheur écoute attentivement ce que les gens disent ou font dans leur cadre de vie. Ainsi, les chercheurs constructivistes s'intéressent souvent aux « processus » d'interaction entre les individus.** Ils se concentrent également sur les contextes spécifiques dans lesquels les gens vivent et travaillent afin de comprendre les contextes historiques et culturels des participants. Les chercheurs reconnaissent que leurs propres antécédents façonnent leur interprétation et ils « se positionnent » dans la recherche pour reconnaître comment leur interprétation découle de leurs propres expériences personnelles, culturelles et historiques. **Ainsi, les chercheurs font une interprétation de ce qu'ils trouvent, une interprétation façonnée par leurs propres expériences et antécédents.** L'intention du chercheur est donc de donner un sens (ou d'interpréter) les significations que les autres ont du monde. C'est pourquoi la recherche qualitative est souvent appelée recherche « interprétative ».

Dans la discussion ici des cinq approches, nous verrons la vision du monde constructiviste se manifester dans les études phénoménologiques, dans lesquelles les individus décrivent leurs expériences (Moustakas, 1994), et dans la perspective de la théorie ancrée de Charmaz (2006), dans laquelle elle fonde ses théories.

❖ **Plaidoyer/Participation**

Les chercheurs pourraient utiliser une vision du monde alternative, celle du plaidoyer/participation, parce que les postpositivistes imposent des lois et des théories structurelles qui ne conviennent pas aux individus ou aux groupes marginalisés et que les constructivistes ne vont pas assez loin dans leur plaidoyer en faveur d'actions visant à aider les individus. Le principe fondamental de cette vision du monde est que la recherche doit contenir un programme d'action pour des réformes susceptibles de changer la vie des participants, les institutions dans lesquelles ils vivent et travaillent, ou même la vie des chercheurs. Les problèmes auxquels sont confrontés ces groupes marginalisés sont d'une importance capitale à étudier, tels que l'oppression, la domination, la répression, l'aliénation et l'hégémonie. À mesure que ces questions sont étudiées et exposées, les chercheurs donnent la parole à ces participants, les sensibilisant et améliorant leur vie. Kemmis et Wilkinson (1998) résument les principales caractéristiques de la pratique de plaidoyer/participation :

- L'action participative est récursive ou dialectique et vise à faire changer les pratiques. Ainsi, à la fin des études de plaidoyer/participation, les chercheurs proposent un programme d'action pour le changement.

- Son objectif est d'aider les individus à se libérer des contraintes liées aux médias, à la langue, aux procédures de travail et aux relations de pouvoir en milieu éducatif. Les études de plaidoyer/participation commencent souvent par une question ou une position importante concernant les problèmes de la société, comme le besoin d'autonomisation.
- Elle est émancipatrice dans la mesure où elle aide à libérer les gens des contraintes de structures irrationnelles et injustes qui limitent le développement personnel et l'autodétermination. Le but des études de plaidoyer/participatives est de créer un débat et une discussion politiques afin que le changement se produise.

C'est un processus pratique et collaboratif car il s'agit d'une enquête menée « avec » les autres plutôt que « sur » ou « vers » les autres. Dans cet esprit, les auteurs plaidoyer/participatifs engagent les participants en tant que collaborateurs actifs dans leurs enquêtes. D'autres chercheurs qui adhèrent à cette vision du monde sont Fay (1987) et Heron et Reason (1997).

En pratique, cette vision du monde a façonné plusieurs approches de l'enquête. Des questions sociales spécifiques (p. ex. la domination, l'oppression, l'iniquité) aident à cadrer les questions de recherche. Ne voulant pas marginaliser davantage les individus participant à la recherche, les chercheurs en plaidoyer/participation collaborent avec les participants à la recherche. Ils peuvent demander aux participants de les aider à concevoir les questions, à collecter les données, à les analyser et à élaborer le rapport final de la recherche. De cette manière, la « voix » des participants se fait entendre tout au long du processus de recherche. La recherche contient également un programme d'action pour la réforme, un plan spécifique pour remédier aux injustices du groupe marginalisé. Ces pratiques seront visibles dans les approches ethnographiques de la recherche trouvées dans Denzin et Lincoln (2005) et dans le ton militant de certaines formes de recherche narrative (Angrosino, 1994).

❖ **Pragmatisme**

Il existe de nombreuses formes de pragmatisme. Les individus ayant cette vision du monde se concentrent sur les résultats de la recherche – les actions, les situations et les conséquences de l'enquête – plutôt que sur les conditions préalables (comme dans le post-positivisme). Il existe une préoccupation pour les applications – « ce qui fonctionne » – et les solutions aux problèmes (Patton, 1990). Ainsi, au lieu de se concentrer sur les méthodes, l'aspect important de la recherche est le problème étudié et les questions posées sur ce problème (voir Rossman et Wilson, 1985). Cherry Holmes (1992) et Murphy (1990) orientent les idées de base :

- Le pragmatisme ne s'attache à aucun système de philosophie et de réalité. Les chercheurs individuels ont une liberté de choix. Ils sont « libres » de choisir les méthodes, techniques et procédures de recherche qui répondent le mieux à leurs besoins et à leurs objectifs.
- Les pragmatiques ne voient pas le monde comme une unité absolue. De la même manière, les chercheurs utilisant des méthodes mixtes envisagent de nombreuses approches pour collecter et analyser les données plutôt que de s'abonner à une seule méthode (par exemple quantitative ou qualitative).
- La vérité est ce qui fonctionne à ce moment-là ; elle ne repose pas sur un dualisme entre une réalité indépendante de l'esprit ou à l'intérieur de l'esprit.
- Les chercheurs pragmatiques se penchent sur le « quoi » et le « comment » de la recherche en fonction des conséquences escomptées – où ils veulent aller avec cette recherche.
- Les pragmatiques conviennent que la recherche se déroule toujours dans des contextes sociaux, historiques, politiques et autres.
- Les pragmatiques croient en un monde extérieur indépendant de l'esprit ainsi que de ceux logés dans l'esprit. Mais ils estiment (Cherry Holmes, 1992) qu'il faut arrêter de se poser des questions sur la réalité et les lois de la nature. « Ils aimeraient simplement changer de sujet » (Rorty, 1983, p. xiv.)
- Parmi les auteurs récents qui ont adopté cette vision du monde figurent Rorty (1990), Murphy (1990), Patton (1990), Cherry Holmes (1992), ainsi que Tashakkori et Teddlie (2003).

En pratique, l'individu utilisant cette vision du monde utilisera plusieurs méthodes de collecte de données pour répondre au mieux à la question de recherche, emploiera à la fois des sources quantitatives et qualitatives de collecte de données, se concentrera sur les implications pratiques de la recherche et soulignera l'importance de mener recherche qui répond le mieux au problème de recherche. Dans la discussion ici sur les cinq approches de recherche, vous verrez cette vision du monde à l'œuvre lorsque les ethnographes emploient à la fois la collecte de données quantitatives (par exemple, des enquêtes) et qualitatives (LeCompte et Schensul, 1999) et lorsque les chercheurs d'études de cas utilisent à la fois des données quantitatives et qualitatives. (Luck, Jackson et Usher, 2006 ; Yin, 2003).

❖ **Positionnement en Faveur du Constructivisme Social**

Le constructivisme social est une approche qui considère que la réalité et les connaissances sont le résultat d'une construction sociale, c'est-à-dire d'un processus d'interaction et de négociation entre les acteurs. Cette approche s'oppose à d'autres courants qui postulent l'existence d'une réalité objective, indépendante de l'observation et de l'interprétation humaines, ou qui réduisent la réalité à une somme de faits empiriques.

Le constructivisme social émerge comme une vision du monde qui s'éloigne des approches plus traditionnelles, telles que le post-positivisme. Au cœur de cette vision, on trouve la reconnaissance que les individus ne sont pas simplement des réceptacles passifs de significations, mais des acteurs actifs dans la construction de leur compréhension du monde. Les chercheurs constructivistes adoptent une approche inductive, générant des théories ou des modèles de signification à partir des expériences subjectives des participants, plutôt que de partir d'une théorie préétablie.

En pratique, le constructivisme social se manifeste par des questions de recherche larges et générales, permettant aux participants de construire activement le sens d'une situation. Cette ouverture dans le questionnement est essentielle, car elle encourage la diversité des perspectives et la richesse des significations. Les chercheurs adoptent une écoute attentive des participants, favorisant les discussions et les interactions pour explorer les processus sociaux. Cette approche s'intéresse non seulement à ce que les individus disent ou font, mais aussi à la manière dont ces significations sont négociées socialement et historiquement.

L'importance accordée aux contextes spécifiques dans lesquels les individus vivent et travaillent distingue le constructivisme social. Les chercheurs cherchent à comprendre les influences des normes historiques et culturelles sur la construction des significations. Reconnaissant que chaque chercheur apporte ses propres antécédents, le positionnement du chercheur devient crucial. Les chercheurs se positionnent dans la recherche, reconnaissant comment leurs expériences personnelles, culturelles et historiques façonnent leur interprétation. Cette transparence renforce la validité de la recherche et contribue à une interprétation plus contextualisée.

L'approche constructiviste se reflète dans des méthodologies telles que les études phénoménologiques, où les individus décrivent leurs expériences subjectives, et dans la perspective de la théorie ancrée de Charmaz, qui fonde ses théories sur les points de vue des individus. Ces exemples concrets démontrent comment le constructivisme social trouve des

applications concrètes dans la recherche qualitative, en mettant en lumière les aspects dynamiques des interactions humaines et en permettant une exploration approfondie des phénomènes étudiés.

Il est évident que le constructivisme social offre une approche captivante et profonde pour aborder la recherche qualitative. En mettant l'accent sur la diversité des significations, les interactions sociales et la reconnaissance des contextes, cette vision du monde enrichit notre compréhension des réalités subjectives des individus. Les chercheurs constructivistes, en se positionnant de manière transparente, contribuent à une recherche interprétative plus authentique et contextuellement ancrée. C'est dans cette démarche que réside la puissance du constructivisme social dans la recherche qualitative contemporaine et que nous nous positionnons.

En comparaison avec d'autres positionnements épistémologiques, le constructivisme social se distingue par son rejet de l'idée d'une réalité objective et universelle. Contrairement au post-positivisme qui adopte une approche scientifique, réductionniste et orientée cause à effet, le constructivisme social privilégie la complexité et la multiplicité des significations.

Par rapport au plaidoyer/participation qui met l'accent sur l'action participative et la recherche émancipatrice, le constructivisme social se concentre davantage sur la compréhension des significations subjectives sans nécessairement s'engager immédiatement dans des programmes d'action. De même, par rapport au pragmatisme qui se concentre sur les résultats de la recherche, le constructivisme social met en avant la signification et l'interprétation en tant qu'objectifs fondamentaux.

Le constructivisme social n'est pas une théorie unifiée, mais plutôt un ensemble de perspectives qui partagent certaines caractéristiques communes, telles que l'importance accordée au langage, à la communication, à la culture, à l'histoire, au contexte et à la situation.

Le choix du constructivisme social comme positionnement épistémologique découle de sa capacité unique à explorer la richesse des significations attribuées par les individus à leur réalité. En optant pour cette approche, vous reconnaissez la valeur de la diversité des points de vue et la nécessité de déconstruire les notions préconçues. Le constructivisme social offre une plateforme méthodologique flexible, permettant une immersion profonde dans les expériences des participants tout en encourageant une réflexion continue sur le rôle du chercheur dans la construction de la connaissance.

Certes le constructivisme social n'est pas sans limites ni critiques. Certains lui reprochent de négliger les aspects matériels, biologiques ou structurels de la réalité, ou de relativiser à l'extrême la vérité et la validité des connaissances. D'autres lui opposent des approches plus réalistes, positivistes, rationalistes ou pragmatistes, qui revendiquent une plus grande objectivité, rigueur ou efficacité dans la production et la diffusion du savoir. Il existe donc des débats et des controverses entre les tenants du constructivisme social et ceux d'autres positionnements épistémologiques, qui enrichissent le champ de la recherche et de la connaissance.

Mais il apparaît évident que le constructivisme social offre une approche captivante et profonde pour aborder la recherche qualitative. En mettant l'accent sur la diversité des significations, les interactions sociales et la reconnaissance des contextes, cette vision du monde enrichit notre compréhension des réalités subjectives des individus. Les chercheurs constructivistes, en se positionnant de manière transparente, contribuent à une recherche interprétative plus authentique et contextuellement ancrée. C'est donc dans cette démarche que réside la puissance du constructivisme social dans la recherche qualitative contemporaine et celle pour laquelle nous nous positionnons.

CHAPITRE 6 : DESIGN DE RECHERCHE

Titre de la Recherche : Impact de l'Intelligence Artificielle en Santé : Une Étude de Cas sur le Projet "Dr. CADx" au Zimbabwe.

1. Objectifs de la Recherche :

- Analyser le déploiement pratique de l'intelligence artificielle en santé à travers l'étude approfondie du projet "Dr. CADx".
- Identifier les leçons apprises, les défis rencontrés, et les opportunités liées à l'utilisation de l'intelligence artificielle dans le domaine médical en Afrique.
- Évaluer l'impact global de l'IA sur l'amélioration des soins de santé, en mettant en lumière les aspects éthiques, techniques et sociétaux.

2. Type de Recherche : Étude de cas qualitative.

- **Contexte :** Discussion sur l'importance croissante de l'IA dans le domaine de la santé en Afrique. Présentation des défis spécifiques auxquels le continent est confronté en matière de soins de santé et comment l'IA peut aider à les surmonter.
- **Cas d'étude :** Présentation de Dr CADx, une entreprise de technologie médicale basée au Zimbabwe qui utilise l'IA pour améliorer les soins aux patients.

3. Méthodologie

- **Analyse de Documents :** Examiner les documents officiels du projet, les rapports internes, les retours d'utilisateurs, et toute documentation pertinente.
- **Analyse des Médias Sociaux**
- **Analyse de sites web**

4. Présentation du cas

- **Dr CADx :** Présentation détaillée de l'entreprise, y compris son histoire, sa mission, sa vision et la technologie qu'elle a développée. Discussion sur la manière dont Dr CADx utilise l'IA pour améliorer les soins aux patients.
- **Processus d'application de l'IA :** Explication détaillée du processus par lequel Dr CADx utilise l'IA pour analyser les images médicales. Cela comprend l'acquisition d'images, le prétraitement, l'annotation, l'entraînement du modèle, la validation, l'application clinique et la prise de décision médicale.

5. Plan d'Analyse

- Analyse Thématique : Identification des thèmes récurrents à partir des entretiens et des documents.
- Comparaison des Résultats avec la Littérature : Mettre en perspective les résultats de l'étude de cas avec les connaissances existantes sur l'IA en santé.

6. Analyse critique

- **Leçons apprises** : Discussion sur les leçons importantes que nous pouvons tirer de l'expérience de Dr CADx. Cela peut inclure des réflexions sur les avantages et les défis de l'utilisation de l'IA en santé en Afrique, ainsi que des suggestions pour les futures initiatives.
- **Défis** : Identification et discussion des principaux défis rencontrés par Dr CADx et d'autres initiatives similaires. Cela peut inclure des problèmes tels que le manque de données de qualité, le manque de confiance et d'acceptation des utilisateurs finaux, et le manque de capacités et de compétences en matière d'IA.
- **Opportunités** : Identification et discussion des opportunités offertes par l'IA pour améliorer les soins de santé en Afrique. Cela peut inclure des possibilités d'améliorer l'accès et la qualité des soins, d'innover et de créer de nouvelles solutions, et d'intégrer et de collaborer avec les initiatives régionales et mondiales.

7. Conclusion

- **Résumé** : Résumé des principales conclusions de l'étude de cas, y compris les leçons apprises, les défis identifiés et les opportunités disponibles.
- **Implications** : Discussion sur les implications de ces conclusions pour la pratique et la politique en matière de soins de santé en Afrique.
- **Recherches futures** : Suggestions pour les recherches futures sur l'IA en santé en Afrique, basées sur les conclusions de l'étude de cas.

A. Etude de cas proprement dit

Plusieurs initiatives en Afrique illustrent l'utilisation croissante de l'IA en santé. A cet effet le projet "Dr. CADx" au Zimbabwe est un excellent exemple pour notre étude de cas.

Dr CADx, c'est une entreprise de technologie médicale innovante qui développe des solutions basées sur l'intelligence artificielle pour améliorer les soins aux patients. Leur vision est de démocratiser l'accès à une interprétation radiologique précise et ainsi permettre de

meilleurs résultats pour les patients et sauver des vies. Ils visent à améliorer les résultats pour les patients et sauver des vies grâce à la santé assistée par l'IA.

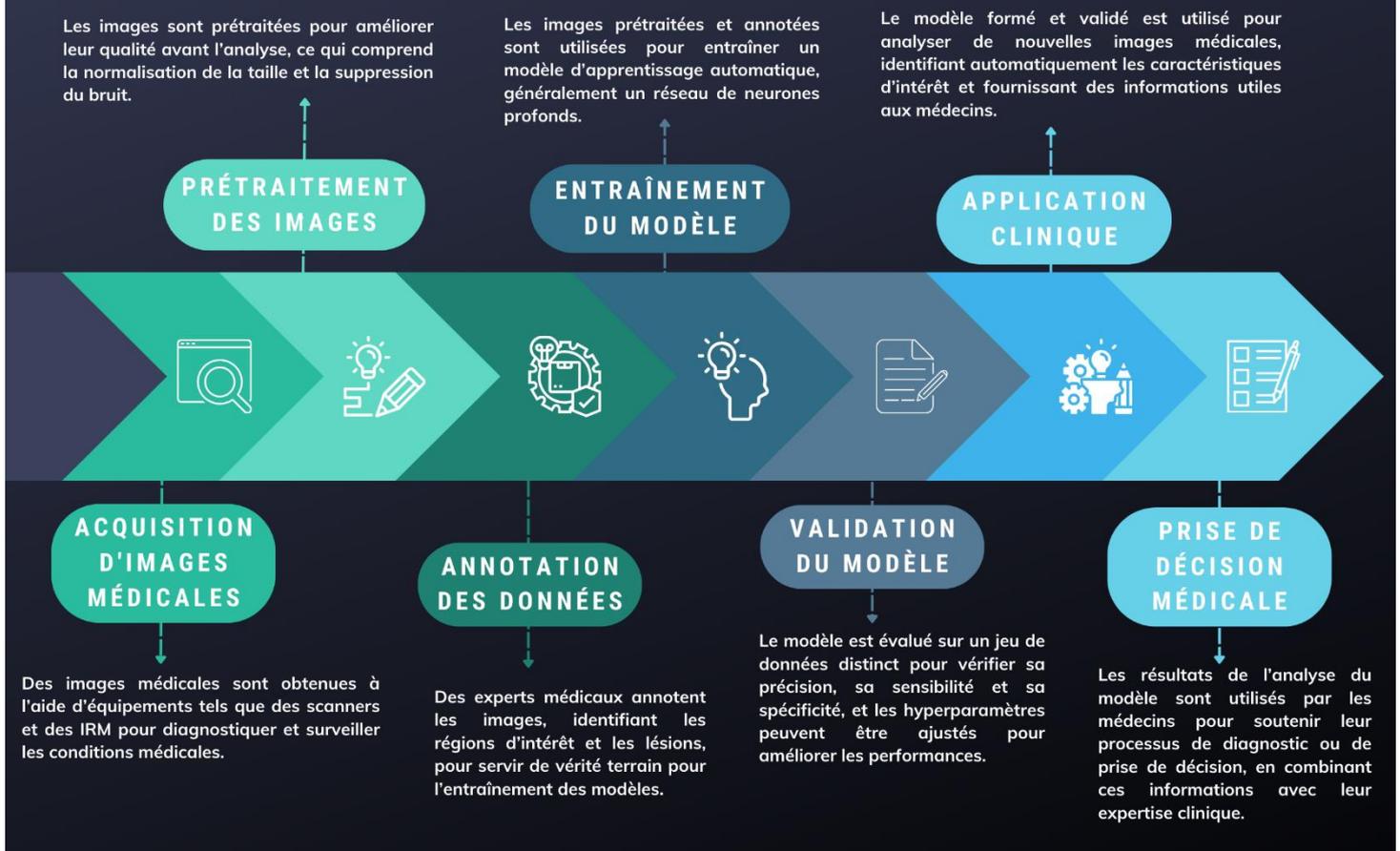
Ainsi, Dr CADx (Jackson et al., 2020) a créé une plateforme d'analyse d'images par IA qui fournit aux médecins des informations rapides et précises lors de la lecture des radiographies, et ainsi éviter les erreurs de diagnostic. Formée et testée à l'aide de milliers d'images et en collaboration avec des radiologues et d'autres cliniciens, leur technologie d'IA révolutionnaire démocratise l'accès à des soins de qualité en améliorant les capacités des médecins à interpréter les images médicales. Elle leur permet de réaliser une meilleure précision diagnostique, ce qui se traduit par la fourniture d'une qualité optimale de soins aux patients.

Dr CADx utilise des algorithmes d'apprentissage automatique pour analyser des images médicales, telles que des radiographies, des tomodensitogrammes (CT) et des IRM, afin de détecter des anomalies ou des pathologies.

Mais comment de manière pratique cela est-il fait ?

L'analyse d'images médicales à l'aide d'algorithmes d'apprentissage automatique, tels que ceux utilisés par Dr. CADx, repose sur des processus complexes qui combinent à la fois l'acquisition d'images médicales, le prétraitement de ces images et l'utilisation d'algorithmes de machine learning pour extraire des informations pertinentes. En bref c'est ainsi que se déroule ce processus :

PROCESSUS D'ANALYSE MÉDICALE À L'AIDE D'ALGORITHMES D'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE



B. Analyse critique des leçons apprises, des défis et des opportunités.

Malheureusement, l'entreprise n'est plus en activité. Selon le site PitchBook, (Dr CADx) Dr CADx a été déclarée hors activité le 3 août 2023, après avoir levé des fonds en 2019 et 2020. Il n'y a pas d'informations sur les raisons de la fermeture de l'entreprise, mais il est possible qu'elle ait rencontré des difficultés financières, réglementaires ou techniques. C'est dommage, car Dr CADx avait un potentiel énorme pour améliorer les soins aux patients grâce à l'intelligence artificielle.

Cela souligne à quel point le domaine de l'IA en médecine peut être complexe et exigeant.

L'expérience de Dr CADx offre des leçons importantes, met en lumière des défis significatifs et soulève des opportunités essentielles dans le domaine de l'intelligence artificielle en santé. L'exploration de quelques **Leçons apprises**, défis et opportunités permettra certainement un meilleur développement d'application d'IA en santé pour l'Afrique dans les jours à venir.

Leçons apprises :

- L'intelligence artificielle peut offrir des avantages considérables pour la santé en Afrique, notamment en matière de diagnostic et de traitement, de prédiction des risques, d'optimisation des processus et de réduction des coûts.
- Le développement et le déploiement de l'intelligence artificielle dans le domaine médical nécessitent une collaboration étroite entre les développeurs, les cliniciens, les régulateurs, les patients et les autres parties prenantes.
- L'intelligence artificielle doit être éthique, sûre, efficace, transparente, responsable et respectueuse de la vie privée des utilisateurs.
- L'intelligence artificielle doit être adaptée au contexte local, en tenant compte des besoins spécifiques, des ressources disponibles, des infrastructures existantes et des normes culturelles.
- L'intelligence artificielle doit être soutenue par un écosystème favorable, qui comprend un cadre juridique et réglementaire approprié, un financement adéquat, une formation et une sensibilisation continues, une évaluation et une validation rigoureuses, et une participation active de la société civile (Owoyemi et al., 2020b).

Défis :

L'un des principaux défis auxquels Dr CADx a dû faire face est le manque de données de qualité et d'accès aux données pour entraîner et tester ses modèles d'IA. Les données médicales sont souvent fragmentées, incomplètes, non standardisées ou non partagées en raison de problèmes techniques, éthiques ou juridiques (Unisa 2021).

Un autre défi est le manque de confiance et d'acceptation des utilisateurs finaux, tels que les médecins, les infirmières, les agents de santé communautaires ou les patients, vis-à-vis de l'IA. Cela peut être dû à un manque de compréhension, de sensibilisation ou d'implication dans le processus de développement et de déploiement de l'IA. Il peut également y avoir une résistance au changement ou une crainte de perdre le contrôle ou l'autonomie professionnelle.

Un troisième défi est le manque de capacités et de compétences en matière d'IA dans le secteur de la santé en Afrique. Il existe un besoin urgent de former et de renforcer les capacités des développeurs, des cliniciens, des régulateurs, des chercheurs et des autres acteurs impliqués

dans l'IA pour la santé. Il existe également un besoin de créer des réseaux et des plateformes pour faciliter le partage des connaissances, des expériences et des bonnes pratiques.

Opportunités :

L'une des opportunités offertes par l'IA pour la santé en Afrique est d'améliorer l'accès et la qualité des soins pour les populations mal desservies ou vulnérables. L'IA peut aider à combler le fossé entre l'offre et la demande de services de santé, en augmentant l'efficacité, la précision et la rapidité du diagnostic et du traitement. L'IA peut également aider à réduire les coûts et à optimiser l'utilisation des ressources existantes (Editor, 2020).

Une autre opportunité est d'innover et de créer de nouvelles solutions adaptées aux besoins locaux. L'IA peut permettre aux acteurs locaux de développer et de déployer des applications personnalisées qui répondent aux défis spécifiques du contexte africain. L'IA peut également favoriser la créativité et l'entrepreneuriat dans le domaine de la santé numérique.

Une troisième opportunité est d'intégrer et de collaborer avec les initiatives régionales et mondiales en matière d'IA pour la santé. L'Afrique peut bénéficier du partage des données, des connaissances, des technologies et des bonnes pratiques avec d'autres régions du monde. L'Afrique peut également contribuer à la définition des normes, des principes et des politiques mondiales en matière d'IA pour la santé, en veillant à ce que les voix et les intérêts de l'Afrique soient pris en compte (Sara Olk 2018).

C. Études de cas généralistes sur les initiatives de télémédecine en Afrique.

La télémédecine est définie comme l'utilisation des technologies de l'information et de la communication pour fournir des soins médicaux à distance (*Telemedicine*, 2023). Elle présente de nombreux avantages potentiels pour le secteur de la santé en Afrique, notamment en matière d'accès, de qualité et d'efficacité des services, en particulier dans les zones rurales ou isolées, où les ressources humaines et matérielles sont limitées (Abba et al., 2010). En Afrique, plusieurs initiatives de télémédecine ont été mises en place pour répondre aux besoins spécifiques des populations. Dans cette partie, nous présentons quelques exemples d'études de cas sur les initiatives de télémédecine en Afrique.

Le projet Bogou (BERTHÉ Abdramane, 2017), en Côte d'Ivoire a pour objectif de connecter des centres de santé périphériques à des hôpitaux universitaires, où des spécialistes peuvent fournir des consultations, des diagnostics et des prescriptions à distance. Le projet

utilise une plateforme web sécurisée et des équipements de visioconférence. Il a permis d'améliorer la prise en charge de plus de 10 000 patients souffrant de diverses pathologies, telles que le diabète, le VIH, la tuberculose ou les maladies cardiovasculaires. Les principaux défis du projet sont liés à la fiabilité du réseau internet, à la maintenance du matériel et à la formation du personnel.

Etude de cas de Bogou

1. Introduction :

Bogou est une plateforme de télé-expertise qui permet aux professionnels de santé de demander à distance un avis secondaire ou de l'aide à la décision à d'autres professionnels plus spécialisés, en partageant des données médicales, comme les images, les vidéos, les résultats d'analyse ou les examens ECG. Bogou est disponible en quatre langues : français, anglais, espagnol et portugais.

Bogou est un projet initié en 2003 par le professeur Antoine Geissbuhler, chef du service de cybersanté et de télémédecine aux Hôpitaux universitaires de Genève (HUG), en collaboration avec l'Université de Bamako au Mali. Bogou est basé sur une architecture web simple et légère, qui fonctionne avec des connexions internet à faible débit. Il permet de partager des données médicales, comme les images, les vidéos, les résultats d'analyse ou les examens ECG, avec des spécialistes situés dans les centres de référence.

Bogou utilise l'IA pour analyser ces données et fournir des informations pertinentes aux utilisateurs. Par exemple, Bogou peut détecter des anomalies sur les images radiologiques, comme des fractures, des tumeurs ou des infections, et les signaler aux utilisateurs. Bogou peut également proposer des diagnostics différentiels, des recommandations thérapeutiques ou des orientations vers des services spécialisés, en fonction des données médicales partagées.

Bogou est actuellement utilisé par plusieurs pays d'Afrique francophone, membres du Réseau en Afrique Francophone pour la Télémédecine (RAFT), pour rendre l'expertise disponible à distance, sans faire déplacer le patient, en évitant des évacuations sanitaires inutiles et coûteuses.

2. Contexte :

Bogou, en tant qu'outil de télé-expertise, répond aux besoins spécifiques de l'Afrique francophone en facilitant la communication à distance entre professionnels de la santé.

Disponible en quatre langues, il est utilisé par plusieurs pays membres du RAFT pour éviter des évacuations sanitaires coûteuses.

3. Méthodologie :

L'analyse des documents officiels, des rapports internes et des retours d'utilisateurs est complétée par des entretiens semi-structurés avec les acteurs clés, tels que les coordinateurs du RAFT et les utilisateurs de Bogou. L'observation participante au sein des cercles de discussion de Bogou offre une compréhension approfondie de son fonctionnement.

4. Présentation du Cas :

Bogou, conçu par le professeur Antoine Geissbuhler, utilise une architecture web légère pour partager des données médicales. Son rôle crucial dans la télé-expertise est renforcé par son adoption par plusieurs pays d'Afrique francophone.

5. Processus d'application de la télé-expertise :

Bogou permet la demande à distance d'avis secondaires ou d'aide à la décision en impliquant la création de cas, le partage de données médicales et la prise de décision médicale. Sa simplicité technique le rend accessible même dans des conditions de faible débit internet.

6. Plan d'Analyse :

Nous avons examiné les documents officiels du projet Bogou, et toute documentation pertinente, afin de recueillir des informations.

Nous avons mis en perspective les résultats de l'étude de cas avec les connaissances existantes sur l'IA et la télémédecine. Par exemple, comparer les résultats avec les modèles théoriques, les études empiriques, les bonnes pratiques, les normes éthiques, les cadres juridiques, etc.

7. Analyse Critique :

Leçons apprises

Le projet Bogou montre que l'IA et la télémédecine peuvent avoir un impact positif sur la santé des populations en Afrique francophone, en améliorant l'accès à l'expertise médicale, la qualité et la continuité des soins, et la satisfaction des professionnels de santé et des patients.

Le projet Bogou illustre l'importance de la collaboration multilatérale et multidisciplinaire, respectueuse des identités et des cultures, entre les partenaires du réseau RAFT, qui partagent leurs connaissances, leurs compétences, et leurs ressources, pour développer et utiliser des outils de télémédecine adaptés aux besoins et aux contextes locaux.

Le projet Bogou souligne le rôle clé des coordinateurs locaux du réseau RAFT, qui assurent le bon fonctionnement des activités de télémédecine, la mobilisation des utilisateurs, et le suivi des résultats. Les coordinateurs locaux sont des acteurs essentiels pour la pérennisation et la diffusion du projet Bogou.

Défis

Le projet Bogou rencontre des défis techniques, liés à la qualité et à la disponibilité des données médicales, à la fiabilité et à la sécurité des connexions internet, à la compatibilité et à la maintenance des équipements, et à la performance et à la validation des modèles d'IA.

Le projet Bogou rencontre des défis humains, liés à la confiance et à l'acceptation des utilisateurs finaux, à la formation et à l'accompagnement des professionnels de santé, à la gestion du changement et à l'adaptation des pratiques, et à la protection et au respect des droits des patients.

Le projet Bogou rencontre des défis institutionnels, liés au financement et à la pérennisation du projet, à la réglementation et à la normalisation des activités de télémédecine, à la coordination et à la communication entre les partenaires du réseau, et à l'évaluation et à la valorisation des résultats du projet.

Opportunités

Le projet Bogou offre des opportunités d'amélioration, en intégrant les retours d'expérience des utilisateurs, en optimisant les processus et les fonctionnalités de la plateforme, en renforçant la qualité et la sécurité des données médicales, et en évaluant l'impact réel de l'IA sur les soins de santé.

Le projet Bogou offre des opportunités d'innovation, en développant de nouvelles solutions basées sur l'IA, en explorant de nouveaux domaines d'application de la télémédecine, en créant de nouvelles synergies et de nouvelles collaborations entre les acteurs du réseau, et en contribuant à la recherche et au développement dans le domaine de la cybersanté.

Le projet Bogou offre des opportunités d'extension, en élargissant le nombre et la diversité des utilisateurs et des bénéficiaires de la plateforme, en adaptant le projet à d'autres contextes géographiques ou culturels, en intégrant le projet à d'autres initiatives régionales ou mondiales, et en diffusant les bonnes pratiques et les leçons apprises du projet.

Etude de cas de e-same au Cameroun

1. Objectifs de la Recherche :

Cette étude vise à analyser concrètement la mise en œuvre de l'intelligence artificielle (IA) dans le secteur de la santé en se concentrant sur le projet "e-same" au Cameroun. Les objectifs spécifiques sont de comprendre le déploiement de l'IA dans le domaine médical, d'identifier les leçons apprises, les défis rencontrés et les opportunités offertes par cette technologie. En outre, l'étude vise à évaluer l'impact global de l'IA sur l'amélioration des soins de santé, en mettant en lumière les aspects éthiques, techniques et sociétaux.

2. Type de Recherche : Étude de cas qualitative

Contexte : Le contexte de cette étude est ancré dans la nécessité croissante d'améliorer l'accès aux soins de santé au Cameroun et en Afrique, confrontés à des défis tels que la pénurie de médecins et les contraintes géographiques. L'utilisation de l'IA émerge comme une solution potentiellement transformative.

3. Méthodologie

Pour atteindre les objectifs de cette étude, une approche qualitative a été adoptée, combinant l'analyse de documents, à la consultation et l'examen d'entretiens sur le web avec le Dr Christian Tcham, d'autres acteurs clés du projet, des utilisateurs et des partenaires.

4. Présentation du cas

e-same : e-same est une plateforme de télémédecine qui permet aux patients d'accéder à des consultations médicales à distance, avec le médecin de leur choix. Le projet a été initié par le Dr Christian Tcham, un médecin urgentiste camerounais qui travaille au SAMU à Bordeaux en France. Le projet vise à répondre au problème de la démographie médicale en Afrique, en facilitant l'échange et le traitement entre le médecin et son patient. Le projet e-same fait partie des 15 projets innovants présélectionnés pour le concours du meilleur projet numérique de l'année 2021 au Cameroun (Elisabeth Asen, 2020). Le patient peut solliciter un spécialiste de son choix et acheter des médicaments via la plateforme. Le projet utilise

également un logiciel de suivi des patients diabétiques, qui permet d'améliorer leur prise en charge.

Processus d'application de l'IA : e-same utilise l'IA pour offrir des services de télémédecine de qualité et adaptés aux besoins des patients. Le processus se déroule comme suit :

- **Inscription :** Le patient s'inscrit sur la plateforme en créant un compte et en renseignant ses informations personnelles et médicales.
- **Prise de rendez-vous :** Le patient choisit le médecin de son choix parmi les spécialistes disponibles sur la plateforme. Il peut consulter le profil, les diplômes, les avis et les tarifs de chaque médecin. Il peut aussi utiliser un système de recommandation basé sur l'IA, qui lui propose le médecin le plus adapté à son cas.
- **Consultation :** Le patient se connecte à la plateforme à l'heure du rendez-vous et communique avec le médecin par vidéo, audio ou chat. Le médecin peut accéder au dossier médical du patient, lui poser des questions, lui faire passer des tests, lui envoyer des images ou des documents, etc.
- **Diagnostic :** Le médecin établit un diagnostic à partir des informations recueillies lors de la consultation. Il peut aussi utiliser un système d'aide au diagnostic basé sur l'IA, qui lui fournit des suggestions de diagnostic, des probabilités de maladie, des références scientifiques, etc.
- **Prescription :** Le médecin rédige une ordonnance pour le patient, qu'il peut lui envoyer par mail, SMS ou sur la plateforme. Le patient peut ensuite se procurer les médicaments dans une pharmacie partenaire ou se faire livrer à domicile.
- **Paiement :** Le patient effectue le paiement de la consultation par carte bancaire, mobile money ou autre moyen de paiement sécurisé. Le médecin reçoit son paiement après déduction d'une commission pour la plateforme.
- **Suivi :** Le patient peut accéder à son compte-rendu de consultation, à son ordonnance, à ses résultats de tests, etc. sur la plateforme. Il peut aussi contacter le médecin en cas de besoin ou prendre un nouveau rendez-vous. Le médecin peut suivre l'évolution du patient et lui envoyer des rappels ou des conseils.

5. Analyse critique

Leçons apprises : Le projet e-same nous apprend plusieurs leçons importantes sur l'utilisation de l'IA en santé au Cameroun et en Afrique. Parmi elles, nous pouvons citer :

L'IA peut être un outil efficace pour améliorer l'accès aux soins de santé, en réduisant les distances, les coûts et les délais de consultation.

L'IA peut être un outil de qualité pour améliorer les soins de santé, en augmentant la précision, la fiabilité et la pertinence du diagnostic et de la prescription.

L'IA peut être un outil de formation et de renforcement des capacités des médecins, en leur fournissant des informations, des recommandations et des références actualisées et adaptées à leur contexte.

L'IA peut être un outil de collaboration et de coopération entre les médecins, en leur permettant de partager leurs expériences, leurs connaissances et leurs ressources.

Défis : Le projet e-same rencontre également plusieurs défis liés à l'utilisation de l'IA en santé au Cameroun et en Afrique. Parmi eux, nous pouvons mentionner :

Le manque de données de qualité, qui limite la performance et la fiabilité des systèmes d'IA. Il faut donc veiller à collecter, à traiter, à stocker et à protéger les données médicales de manière éthique et sécurisée.

Le manque de confiance et d'acceptation des utilisateurs finaux, qui peuvent être réticents à utiliser l'IA pour des raisons culturelles, religieuses, sociales ou personnelles. Il faut donc sensibiliser, éduquer et accompagner les utilisateurs finaux sur les bénéfices et les limites de l'IA.

Le manque de capacités et de compétences en matière d'IA, qui entrave le développement et la maintenance des systèmes d'IA. Il faut donc former, recruter et retenir les talents locaux en matière d'IA, et favoriser le transfert de technologies et de savoir-faire.

Les contraintes réglementaires et éthiques, qui peuvent freiner ou entraver l'utilisation de l'IA en santé. Il faut donc respecter les normes et les lois en vigueur, et veiller à garantir le respect de la vie privée, de la dignité, de l'autonomie et des droits des utilisateurs finaux.

Opportunités : Le projet e-same offre également plusieurs opportunités liées à l'utilisation de l'IA en santé au Cameroun et en Afrique. Parmi elles, nous pouvons souligner :

L'opportunité d'améliorer l'accès et la qualité des soins de santé, en répondant aux besoins spécifiques des populations locales, en réduisant les inégalités et les disparités, et en augmentant la satisfaction et la fidélisation des utilisateurs finaux.

L'opportunité d'innover et de créer de nouvelles solutions, en exploitant le potentiel et la créativité des acteurs locaux, en adaptant les technologies existantes aux réalités du terrain, et en développant des modèles économiques viables et durables.

L'opportunité d'intégrer et de collaborer avec les initiatives régionales et mondiales, en s'inscrivant dans les agendas et les objectifs de développement, en bénéficiant des financements et des partenariats, et en contribuant à la visibilité et à la reconnaissance du génie africain.

7. Conclusion

Résumé : Le projet e-same est une initiative innovante qui utilise l'IA pour faciliter l'accès aux soins médicaux à distance, avec le médecin de son choix. Le projet présente des avantages, des défis et des opportunités pour l'amélioration des soins de santé au Cameroun et en Afrique.

Implications : Les implications de ce projet sont multiples pour la pratique et la politique en matière de soins de santé au Cameroun et en Afrique. Il faut donc soutenir, accompagner et évaluer ce projet, ainsi que d'autres initiatives similaires, pour en tirer le meilleur parti et en réduire les risques.

Recherches futures : Les recherches futures sur l'IA en santé au Cameroun et en Afrique devraient se focaliser sur les aspects suivants :

L'évaluation de l'impact de l'IA sur les indicateurs de santé, tels que la mortalité, la morbidité, la prévalence, l'incidence, etc.

L'analyse des facteurs de succès et d'échec des projets d'IA en santé, tels que la gouvernance, le leadership, la participation, la communication, etc.

L'exploration des pistes d'amélioration et d'innovation des projets d'IA en santé, tels que l'interconnexion, l'interopérabilité, l'intelligence collective, etc.

Le projet Afya Pap au Kenya a pour objectif de développer une application mobile qui permet aux patients atteints de maladies chroniques, comme le diabète ou l'hypertension, de recevoir des conseils personnalisés sur leur état de santé, leur alimentation, leur activité physique et leur traitement (La Tribune 2022). L'application utilise un algorithme d'intelligence artificielle pour analyser les données fournies par le patient et lui envoyer des messages adaptés. L'application vise à améliorer l'observance thérapeutique et à prévenir les complications. Les principaux défis du projet sont liés à l'accessibilité du service, à la fiabilité des informations et à l'implication des médecins.

Synthèse des Projets "e-same" (Cameroun), "Afya Pap" (Kenya), "Bogou" (Cote D'Ivoire) et "Dr CADx" (Zimbabwe) :

Opportunités Communes :

- 1. Amélioration de l'Accès aux Soins :** Tous les projets explorent l'utilisation de l'IA pour surmonter les obstacles liés à la distance, augmentant ainsi l'accessibilité aux soins de santé.
- 2. Qualité des Soins Améliorée :** L'IA est identifiée comme un outil pour accroître la précision diagnostique, la pertinence des prescriptions, et renforcer les capacités des professionnels de la santé.

Défis Partagés :

- 1. Données de Qualité :** Le manque de données de qualité est un défi universel, soulignant la nécessité de collecter, traiter, et stocker les données médicales de manière éthique et sécurisée.
- 2. Confiance des Utilisateurs :** La réticence à adopter l'IA, en raison de considérations culturelles, religieuses, sociales, ou personnelles, représente un défi qui nécessite une sensibilisation et une éducation des utilisateurs finaux.
- 3. Compétences en IA Locales :** Le besoin de développer et de retenir des compétences locales en IA est souligné comme un facteur clé pour le succès des projets.

Impact Positif Anticipé :

- 1. Réduction des Inégalités de Soins :** Les projets visent à réduire les disparités en répondant aux besoins spécifiques des populations locales, promouvant ainsi l'équité dans l'accès aux soins.

Recommandations Futures :

- 1. Évaluation Continue :** Soutenir, accompagner, et évaluer les projets est crucial pour maximiser les avantages et minimiser les risques.
- 2. Éducation et Sensibilisation :** Des efforts constants sont nécessaires pour sensibiliser et éduquer les utilisateurs finaux sur les avantages et les limites de l'IA en santé.

Recherches à Venir :

1. Évaluation des Indicateurs de Santé : Les futures recherches devraient se concentrer sur l'impact d'IA sur des indicateurs de santé tels que la mortalité, la morbidité, etc.

2. Facteurs de Succès et d'Échec : Comprendre les éléments clés de réussite et d'échec des projets IA en santé est essentiel pour guider de futures initiatives.

Conclusion : Ces études de cas reflètent une tendance positive où l'IA en santé peut offrir des opportunités significatives, mais ils font également face à des défis qui nécessitent une attention continue. Une approche collaborative, adaptée aux contextes locaux, émerge comme une stratégie essentielle pour maximiser les bénéfices de l'IA en santé en Afrique.

QUATRIÈME PARTIE : RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

CHAPITRE 7 : ÉTAT DE LA RECHERCHE SUR L'IA APPLIQUÉE À LA SANTÉ GLOBALE

L'adoption de l'IA en santé en Afrique suscite un intérêt grandissant, mais elle est confrontée à des défis complexes, tant sur le plan technique, qu'éthique.

Il est important de noter que l'Afrique est un continent diversifié avec des réalités économiques, sociales et culturelles différentes. Par conséquent, la pénétration de l'intelligence artificielle (IA) varie considérablement d'un pays à l'autre. Cependant, certains développements clés sont observés dans tout le continent, tels que l'adoption croissante de l'IA. L'intelligence artificielle commence à prendre de l'ampleur en Afrique et des initiatives ont été lancées pour encourager son adoption dans différents secteurs. Plusieurs pays africains, tels que le Maroc, l'Afrique du Sud, le Ghana, le Kenya et le Rwanda, ont mis en place des programmes d'intelligence artificielle pour stimuler l'innovation et la croissance économique.

La santé est un domaine crucial pour l'Afrique car elle est confrontée à des défis de santé complexes tels que la mortalité infantile, la malnutrition, le VIH/SIDA, la tuberculose et la malaria. En utilisant l'IA, les gouvernements africains peuvent améliorer la qualité de soins de santé, réduire les coûts et prévenir les maladies.

Cependant, il y a encore des défis à relever dans le domaine de l'intelligence artificielle en Afrique, notamment en ce qui concerne l'accès aux données et à la technologie, la formation des travailleurs qualifiés et la création d'un environnement propice à l'innovation. Malgré ces défis, de nombreux experts sont optimistes quant au potentiel de l'IA pour transformer l'économie et la société en Afrique.

A cet effet InstaDeep, est une entreprise Tunisienne spécialisée dans la recherche et le développement de l'intelligence artificielle (IA) et ses domaines d'application incluent la santé. Elle se concentre sur le développement de technologies d'IA de pointe pour les clients d'entreprise dans divers secteurs, notamment la santé, la finance et l'énergie.

InstaDeep propose également des services de consultation en IA pour aider les entreprises à intégrer ces technologies dans leurs flux de travail existants, ainsi que des programmes de formation et des ateliers pour sensibiliser les employés à l'IA et à ses applications potentielles (InstaDeep Ltd 2023).

L'un des principaux atouts d'InstaDeep est son expertise en apprentissage par renforcement, un type d'apprentissage automatique qui consiste à entraîner des algorithmes par essais et erreurs. Ils ont développé plusieurs algorithmes propriétaires et cadres logiciels pour l'apprentissage par renforcement, qui sont utilisés dans des applications telles que les systèmes autonomes, la robotique et les jeux.

Dans l'ensemble, InstaDeep est un acteur majeur dans le domaine de l'IA, connu pour son travail de recherche et de développement innovant, ainsi que pour sa focalisation sur les applications pratiques et l'impact réel dans le monde.

I. Diagnostic assisté par IA

L'un des domaines d'application les plus prometteurs de l'IA en santé est le diagnostic médical assisté par machine. Les algorithmes d'IA peuvent analyser rapidement d'énormes quantités de données médicales, allant des images radiologiques aux données génétiques, pour aider les professionnels de la santé à détecter précocement les maladies et à formuler des plans de traitement. En Afrique, où la pénurie de médecins qualifiés est une réalité, cette technologie peut avoir un impact majeur en permettant un meilleur accès aux diagnostics précis.

L'intelligence artificielle (IA) a révolutionné le diagnostic médical en Afrique en permettant des diagnostics plus précis et rapides, ce qui est particulièrement bénéfique dans les régions où les ressources médicales sont limitées. Les systèmes d'IA peuvent analyser une variété de données médicales (Kamnitsas et al., 2017), notamment des images radiologiques, des données génétiques et des informations sur les patients, pour identifier efficacement les maladies et les anomalies. Cette capacité a un impact significatif sur les soins de santé en Afrique, améliorant la qualité des diagnostics et réduisant les retards dans le traitement (Microsoft Experiences 2017).

1. Utilisation de l'IA dans l'Interprétation des Images Médicales

L'IA est déjà utilisée pour analyser des images médicales telles que les radiographies, les scanners et les IRM. Les algorithmes d'IA peuvent détecter de manière précise des anomalies, des fractures, des tumeurs et d'autres signes de maladies (NetApp.Inc 2021). Par exemple, dans le domaine de la radiologie, l'IA peut aider à repérer des anomalies sur des radiographies pulmonaires, ce qui est essentiel pour le dépistage précoce du cancer du poumon et des maladies respiratoires en Afrique, où ces problèmes de santé sont préoccupants (Springer Nature 2017).

2. Réduction des Délais de Diagnostic

L'un des avantages les plus significatifs de l'utilisation de l'IA en Afrique est la réduction des délais de diagnostic. Dans certaines régions, les patients doivent attendre longtemps pour obtenir un diagnostic précis, ce qui peut aggraver leur état de santé. Les systèmes d'IA peuvent effectuer des analyses rapidement et de manière efficace, ce qui permet aux médecins de poser des diagnostics plus rapides et d'initier un traitement plus tôt (Rajpurkar et al., 2017). Cela est particulièrement important pour les maladies graves telles que le cancer.

3. Diagnostic de Maladies Infectieuses

L'IA est également utilisée pour diagnostiquer des maladies infectieuses en Afrique. Les modèles d'IA peuvent analyser des données épidémiologiques en temps réel pour détecter des épidémies potentielles et identifier les zones à risque. Cela permet aux autorités sanitaires de prendre des mesures proactives pour contenir la propagation des maladies infectieuses, ce qui est essentiel pour la santé publique. A juste titre, le groupe Sophia Genetics, spécialisé dans la médecine basée sur les données, a annoncé lors de la Réunion annuelle du Collège américain de génétique et de génomique médicale (ACMG) en 2017 qu'il collabore avec des hôpitaux africains pour utiliser sa solution d'intelligence artificielle appelée "SOPHiA" dans les examens médicaux. Cette collaboration vise à améliorer le diagnostic et les soins médicaux sur le continent africain. Les hôpitaux participants sont situés au Maroc, au Cameroun et en Afrique du Sud (Mag TIC 2017).

Au Maroc, les institutions médicales incluent le Centre d'Oncologie Al Azhar à Rabat, le Centre de Biologie de Riad à Rabat, le Laboratoire d'Analyses Médicales Les Oudayas, le PharmaProcess à Casablanca et ImmCell à Rabat. En Afrique du Sud, le Centre de Protéomique et Recherche Génomique de Cape Town participe, ainsi que l'Hôpital du District de Bonassama à Douala, au Cameroun.

L'objectif de cette collaboration est de permettre à ces hôpitaux africains d'analyser les données génomiques pour identifier des mutations liées à des maladies dans les profils génomiques de leurs patients. Ils pourront ainsi décider des traitements les plus adaptés. Ces hôpitaux rejoignent un réseau mondial de 260 établissements de santé dans 46 pays qui partagent des données cliniques pour accélérer les diagnostics et les soins grâce à une base de connaissances biomédicales.

4. Accessibilité aux Soins de Qualité

Dans de nombreuses régions d'Afrique, l'accès aux médecins spécialistes est limité. L'IA comble cette lacune en fournissant une assistance diagnostique aux médecins locaux. Les

systèmes d'IA peuvent aider les médecins généralistes à poser des diagnostics précis, ce qui améliore la qualité des soins de santé dans ces régions.

Par exemple, l'entreprise kenyane Flare utilise l'IA pour aider les ambulances à se rendre plus rapidement sur les lieux d'un accident ou d'une urgence médicale en identifiant le meilleur itinéraire en temps réel en fonction de la situation du trafic et de la localisation (DIGITAL DISRUPTION LAB 2013).

II. Prévention des maladies et surveillance épidémiologique.

L'intelligence artificielle (IA) est aussi devenue un allié précieux dans la prévention des maladies et la surveillance épidémiologique en Afrique. Elle offre des outils sophistiqués pour anticiper, prévenir et contenir la propagation des maladies, améliorant ainsi la santé publique et la qualité de vie des populations.

1. Prédiction des Éclosions Épidémiques

L'IA est utilisée pour prédire les éventuelles épidémies. Les modèles d'IA analysent une multitude de données, y compris les données climatiques, les déplacements de population, les données de santé et les données de surveillance, pour identifier les facteurs de risque et anticiper les éventuelles éruptions épidémiques. Cette prévision permet de prendre des mesures préventives. Il a été utilisé des données épidémiologiques et des informations médicales par certains scientifiques pour développer un modèle d'apprentissage automatique capable d'estimer la probabilité qu'un individu donné soit infecté par le virus.

L'objectif était de montrer comment les techniques d'apprentissage automatique peuvent être utilisées pour analyser diverses variables telles que les symptômes, les antécédents médicaux, les facteurs de risque et d'autres données pertinentes pour prédire la probabilité d'infection par la COVID-19 (Ghafouri-Fard et al., 2021). Les résultats de cette recherche peuvent avoir des implications importantes pour le dépistage précoce de la maladie, la prise de décision médicale et la gestion des ressources de santé pendant la pandémie.

2. Surveillance Épidémiologique en Temps Réel

La surveillance épidémiologique est le processus de collecte, d'analyse et d'interprétation systématiques de données relatives à la santé d'une population, afin de détecter et de contrôler les problèmes de santé. La surveillance épidémiologique en temps réel consiste à utiliser des systèmes d'IA pour collecter et analyser des données épidémiologiques provenant

de sources diverses telles que les hôpitaux, les laboratoires, les cliniques et les médias sociaux. Cette surveillance constante permet de détecter rapidement les signes précurseurs d'une épidémie éventuelle, ce qui est essentiel pour une réponse rapide (William Grant Hatcher; Wei Yu 2021).

Un exemple d'initiative de surveillance épidémiologique en temps réel en Afrique est le projet EIOS, développé par l'OMS en collaboration avec plusieurs partenaires. Le projet EIOS utilise une plateforme web qui agrège et analyse automatiquement des données provenant de sources ouvertes, telles que les médias en ligne, les réseaux sociaux ou les rapports officiels. Le projet EIOS permet aux utilisateurs de visualiser et de filtrer les informations pertinentes sur les événements sanitaires dans le monde entier, et d'alerter les autorités sanitaires en cas de menace potentielle (EIOS 2019).

La surveillance épidémiologique assistée par l'IA permet la détection précoce des maladies infectieuses. Les systèmes d'IA analysent en temps réel les données de santé, y compris les rapports de symptômes, les tests de laboratoire et les données de voyage, pour repérer rapidement les éclosions et les cas suspects.

En Afrique, où les systèmes de santé sont souvent sous-financés et manquent de personnel, l'IA aide à combler cette lacune en fournissant une assistance diagnostique aux médecins. Par exemple, l'application Vula Mobile, (Adoni Conrad Quenum 2022) développée en Afrique du Sud, utilise l'IA pour aider les médecins à diagnostiquer et à traiter les maladies ophtalmologiques. Les médecins peuvent prendre des photos de l'œil du patient avec leur téléphone portable, les envoyer à un ophtalmologiste qualifié, qui analyse les images et fournit un diagnostic.

Au Nigeria, aussi une entreprise technologique a développé un système d'IA basé sur l'analyse des tweets pour détecter les épidémies de maladies infectieuses. Le pays a annoncé l'utilisation d'un outil de surveillance numérique pour enregistrer en temps réel les cas de maladies à tendance épidémique, notamment le COVID-19, signalés par les professionnels de la santé du pays. Le Centre nigérian de contrôle des maladies (NCDC) a déclaré qu'ils utilisent le Système d'analyse, de surveillance et de gestion de la réponse aux épidémies (SORMAS) pour numériser les données de surveillance des maladies, ce qui permet une meilleure collecte et un partage d'informations rapide pour la gestion des épidémies (French.xinhuanet 2023).

Le SORMAS est un logiciel open source développé pendant l'épidémie d'Ebola en Afrique de l'Ouest en 2014. Il gère les procédures de contrôle des maladies et de gestion des épidémies, avec une surveillance en temps réel, y compris les laboratoires et les centres de soins périphériques. Il vise à améliorer la prévention et le contrôle des maladies transmissibles, en particulier dans les régions à ressources limitées. Depuis l'émergence du COVID-19, le SORMAS a été utilisé au Nigeria, au Ghana, aux îles Fidji et en Allemagne pour la détection et le contrôle du coronavirus.

3. Suivi des Tendances de Santé

L'IA facilite le suivi des tendances de santé ou la surveillance de la santé publique à l'échelle nationale et régionale. Les modèles d'IA analysent les données de santé pour identifier les maladies en augmentation, les groupes à risque et les zones géographiques vulnérables, ce qui permet aux autorités sanitaires de cibler les interventions de manière plus précise. En Afrique, où les systèmes de surveillance de la santé publique sont souvent insuffisants, l'IA peut aider à détecter rapidement les épidémies, mais aussi les problèmes possibles de santé du fait des systèmes de santé et à prendre des mesures préventives.

L'application mPedigree, développée au Ghana, utilise l'IA pour lutter contre la contrefaçon de médicaments. Les utilisateurs peuvent envoyer un SMS avec le code d'un médicament pour vérifier son authenticité (M-PEDIGREE 2016).

Elle offre aux utilisateurs la possibilité de vérifier l'authenticité des médicaments en envoyant un SMS contenant le code unique associé à chaque produit.

Le système fonctionne de la manière suivante : chaque emballage de médicament est doté d'un code unique imprimé sur l'emballage ou une étiquette. Les utilisateurs peuvent envoyer ce code par SMS à un numéro spécifique fourni par mPedigree. Ensuite, l'application utilise des algorithmes d'intelligence artificielle pour analyser le code reçu et vérifier l'authenticité du médicament. Les utilisateurs reçoivent ensuite une réponse indiquant si le médicament est authentique ou s'il présente un risque de contrefaçon.

mPedigree utilise également d'autres technologies telles que les codes QR, les applications mobiles et les bases de données pour renforcer la lutte contre la contrefaçon de médicaments. L'objectif est d'assurer la sécurité des consommateurs en leur fournissant un moyen fiable de vérifier si les médicaments qu'ils achètent sont authentiques.

Ce système a été salué pour son efficacité dans la prévention de l'utilisation de médicaments contrefaits et dans la protection de la santé publique. Il a contribué à réduire le risque d'achat de médicaments falsifiés au Ghana et dans d'autres pays où l'application est utilisée.

L'application EpiAFRIC, (Public Health Consulting 2020) utilise l'IA pour surveiller les maladies infectieuses en Afrique de l'Ouest. L'application collecte des données en temps réel sur les symptômes, les diagnostics et les traitements, ce qui permet aux responsables de la santé de détecter rapidement les épidémies et de prendre des mesures appropriées.

4. Modélisation de la Propagation des Maladies

La modélisation de la propagation des maladies est le processus de construction et d'utilisation de modèles mathématiques ou informatiques pour simuler et prédire le comportement d'une maladie infectieuse au sein d'une population. La modélisation de la propagation des maladies permet d'estimer comment une maladie pourrait se propager dans une région donnée, en fonction de divers facteurs tels que la démographie, l'environnement ou les interventions sanitaires. Cette capacité permet aux autorités de prendre des décisions éclairées en matière de préparation et de gestion des épidémies (Emilia Vynnycky and Richard G White, 2010).

Un exemple d'initiative de modélisation de la propagation des maladies en Afrique est le projet COVID-19 Africa Modelling Consortium (CAMC), lancé par l'African Union Development Agency, (AUDA-NEPAD's, 2020) en partenariat avec plusieurs institutions académiques et organisations internationales. Le projet CAMC vise à développer et à harmoniser des modèles d'IA pour prédire l'impact du COVID-19 sur le continent africain, en tenant compte des spécificités locales. Le projet CAMC fournit aux décideurs politiques des scénarios prospectifs et des recommandations basées sur les données disponibles.

5. Prévention des Maladies Non Transmissibles

Outre les maladies infectieuses, l'IA contribue à la prévention des maladies non transmissibles telles que le diabète, les maladies cardiovasculaires et le cancer (Dalal et al., 2011). Les systèmes d'IA utilisent des données de santé pour identifier les facteurs de risque, fournir des recommandations de style de vie et promouvoir la prévention. Les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent identifier des tendances et des corrélations complexes au

sein des données, ce qui serait difficile, voire impossible, à réaliser par des méthodes traditionnelles.

Allant dans ce sens, le projet DeepHealth, vise à utiliser l'apprentissage profond et le calcul haute performance pour améliorer les applications biomédicales pour la santé.

Le projet DeepHealth, financé par le programme Horizon 2020 de l'Union européenne, rassemble 21 partenaires de neuf pays européens, issus du monde de la recherche, de la santé et de l'industrie. Il a pour objectif principal de mettre la puissance de calcul du calcul haute performance (HPC) au service des applications biomédicales, en appliquant des techniques d'apprentissage profond et de vision par ordinateur sur des ensembles de données biomédicales volumineux et complexes, afin de soutenir de nouvelles et plus efficaces méthodes de diagnostic, de suivi et de traitement des maladies (Hazlegreaves, 2019).

6. Modélisation de l'Impact des Interventions de Santé

La modélisation de l'impact des interventions de santé en Afrique grâce à l'IA est un domaine de recherche qui utilise des techniques d'apprentissage automatique pour prédire les résultats de santé et évaluer l'efficacité des interventions de santé. Les chercheurs peuvent simuler l'effet de différentes stratégies de vaccination, de traitements médicaux ou de mesures de santé publique pour évaluer leur efficacité potentielle dans la prévention des maladies (Graybill et al., 2020).

Les modèles d'apprentissage automatique peuvent être utilisés pour prédire les résultats de santé tels que la mortalité, la morbidité et la qualité de vie, en fonction des caractéristiques des patients et des interventions de santé (Rahman et al., 2020). Ces modèles peuvent également être utilisés pour évaluer l'efficacité des interventions de santé en comparant les résultats prédits avec les résultats réels. Les résultats de ces modèles peuvent aider les décideurs à prendre des décisions éclairées sur les interventions de santé à mettre en œuvre pour améliorer la santé des populations en Afrique (Stahl et al., 2023).

Cependant, il est important de noter que la modélisation de l'impact des interventions de santé en Afrique grâce à l'IA est un domaine relativement nouveau et qu'il y a encore beaucoup à apprendre. Les chercheurs travaillent actuellement à améliorer la précision des modèles d'apprentissage automatique et à mieux comprendre comment ces modèles peuvent être utilisés pour améliorer la santé en Afrique.

- **Identification de Foyers Potentiels**

L'identification de foyers potentiels est le processus consistant à identifier les zones géographiques à haut risque de propagation de maladies infectieuses. Cela permet de cibler les interventions de santé publique, telles que la vaccination de masse ou la distribution de médicaments prophylactiques, dans les régions les plus vulnérables. L'IA peut aider à identifier les foyers potentiels en utilisant des techniques d'analyse spatiale et temporelle, qui combinent des données épidémiologiques, environnementales et sociales pour détecter des schémas ou des anomalies dans la distribution spatiale et temporelle des cas de maladie (Maged N Kamel Boulos al., 2011).

Un exemple d'initiative d'identification de foyers potentiels en Afrique est le projet EpiMap, développé par l'Institut Pasteur et l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar. Le projet EpiMap utilise une plateforme web qui intègre des données géoréférencées sur les maladies infectieuses, telles que le paludisme, la dengue ou le choléra, provenant de sources diverses, telles que les systèmes de surveillance, les enquêtes épidémiologiques ou les bases de données publiques. Le projet EpiMap permet aux utilisateurs de visualiser et d'analyser ces données à l'aide d'outils cartographiques interactifs, qui permettent d'identifier les zones à risque, les facteurs de risque et les tendances épidémiologiques (EpiMap 2018).

- **Systèmes d'Alerte Précoce**

Les systèmes d'alerte précoce sont des systèmes qui surveillent en permanence les indicateurs épidémiologiques et déclenchent des alertes automatiques dès qu'ils détectent une augmentation inhabituelle des cas de maladie. Ces alertes permettent une réponse rapide des autorités sanitaires, qui peuvent déployer des mesures de contrôle appropriées. L'IA peut améliorer la performance des systèmes d'alerte précoce en utilisant des techniques d'apprentissage automatique, qui apprennent à partir des données historiques et actuelles pour détecter des signaux faibles ou complexes indiquant une émergence ou une résurgence d'une maladie infectieuse (Mundra et al., 2021).

Un exemple d'initiative de système d'alerte précoce en Afrique est le projet EARS (Early-Warning Alert and Response System), développé par l'OMS en collaboration avec plusieurs pays africains. Le projet EARS utilise une plateforme web qui collecte et analyse des données provenant de sources multiples, telles que les systèmes de surveillance nationaux, les rapports hebdomadaires ou les alertes épidémiques. Le projet EARS utilise des algorithmes d'IA pour calculer un score de risque pour chaque événement sanitaire, qui indique le niveau

d'urgence et la nécessité d'une intervention. Le projet EARS fournit également des outils pour faciliter la communication et la coordination entre les acteurs impliqués dans la réponse aux épidémies.

- **Communication avec le Public**

La communication avec le public est le processus consistant à fournir des informations précises et en temps réel sur les épidémies au public, afin de renforcer sa confiance, sa compréhension et sa participation aux mesures de prévention et de contrôle. La communication avec le public peut également servir à dissiper les rumeurs, les fausses informations ou les stigmatisations liées aux maladies infectieuses. L'IA peut faciliter la communication avec le public en utilisant des techniques de traitement du langage naturel, qui permettent aux systèmes d'IA de comprendre et de générer du texte ou de la parole dans une langue humaine (Jurafsky & Martin, 2008a).

Un exemple d'initiative de communication avec le public en Afrique est le projet HealthAlert, développé par Praekelt.org en partenariat avec l'OMS et WhatsApp. Le projet HealthAlert utilise un chatbot basé sur l'IA qui fournit des informations fiables sur le COVID-19 aux utilisateurs via WhatsApp. Le chatbot répond aux questions fréquemment posées sur le COVID-19, telles que les symptômes, les mesures de prévention, les statistiques ou les conseils de voyage. Le chatbot est disponible en plusieurs langues, dont l'anglais, le français, l'arabe et le swahili (WHO 2021).

III. Systèmes de gestion et d'information des dossiers médicaux grâce à l'IA

1. État Actuel des Dossiers Médicaux en Afrique

L'Afrique est confrontée à des défis significatifs en ce qui concerne la gestion des dossiers médicaux. Traditionnellement, la tenue de dossiers médicaux en Afrique, comme dans de nombreuses autres régions du monde en développement, s'est largement appuyée sur des processus manuels et une documentation papier. Cette approche traditionnelle présente de nombreux problèmes, notamment des inefficacités opérationnelles, des risques de perte de données, des retards dans l'accès aux informations médicales et une coordination limitée entre les professionnels de la santé. Voici une analyse plus approfondie de l'état actuel des dossiers médicaux en Afrique :

- **Documentation Papier Prédominante**

Dans de nombreuses régions d'Afrique, la documentation papier est encore largement utilisée pour enregistrer et stocker les dossiers médicaux des patients. Cela signifie que les informations cruciales sur la santé des patients sont consignées manuellement sur des formulaires en papier, créant ainsi une montagne de documents physiques. Cette méthode est sujette aux erreurs humaines, à la détérioration des documents et aux défis de stockage.

- **Perte et Inaccessibilité des Données**

La gestion des dossiers médicaux en papier peut entraîner des pertes de données importantes. Les dossiers peuvent être égarés, endommagés ou détruits en cas de catastrophes naturelles. De plus, l'accès aux informations médicales peut être lent et difficile, car il nécessite souvent de parcourir de nombreux documents physiques pour trouver les données nécessaires. Cela peut retarder les décisions médicales et compromettre la qualité des soins.

- **Coordination Limitée**

La gestion des dossiers médicaux en papier limite également la coordination entre les professionnels de la santé. Les dossiers ne sont pas facilement accessibles à distance, ce qui rend difficile la collaboration entre les différents acteurs de la santé, y compris les médecins, les infirmières, les laboratoires et les pharmaciens. Cela peut entraîner des retards dans la prise de décision médicale et des duplications inutiles d'examens médicaux.

- **Sécurité des Données**

La sécurité des données est également une préoccupation majeure avec la gestion des dossiers médicaux en papier. Les dossiers physiques ne sont pas protégés contre les accès non autorisés, ce qui peut compromettre la confidentialité des informations médicales des patients. De plus, en cas de vol ou de perte de dossiers, des informations sensibles peuvent tomber entre de mauvaises mains.

- **Inefficacités Opérationnelles**

En fin de compte, la gestion des dossiers médicaux en papier entraîne des inefficacités opérationnelles significatives. Les professionnels de la santé passent beaucoup de temps à rechercher des dossiers, à les mettre à jour manuellement et à les stocker de manière appropriée. Ces inefficacités peuvent ralentir le processus de soins de santé et affecter la qualité des services médicaux.

2. L'IA comme Solution pour la Gestion des Dossiers Médicaux ?

L'intelligence artificielle (IA) offre des opportunités significatives pour révolutionner la gestion des dossiers médicaux en Afrique. Les Dossiers Médicaux Électroniques (DME) basés sur l'IA peuvent résoudre de nombreux défis associés à la documentation papier traditionnelle. Voici comment l'IA peut être utilisée pour la création, la gestion et la sécurisation des DME en Afrique :

- **Création Automatisée des DME**

L'une des applications les plus puissantes de l'IA dans la gestion des dossiers médicaux est la création automatisée des DME. Les systèmes basés sur l'IA peuvent extraire automatiquement des informations pertinentes à partir de données médicales brutes, telles que des rapports de laboratoire, des notes de médecins et des images médicales. Cette capacité permet de générer des DME complets et précis sans l'intervention manuelle intensive requise par les méthodes traditionnelles.

Par exemple, l'application mPharma, basée au Ghana, utilise l'IA pour gérer les stocks de médicaments et pour suivre les dossiers médicaux des patients. Les patients peuvent accéder à leurs dossiers médicaux via leur téléphone portable, ce qui permet aux médecins de suivre l'évolution de leur traitement (Newsroom & mPharma, 2022).

- **Structuration des Données**

L'IA peut également structurer efficacement les données médicales. Elle peut organiser les informations de manière logique et cohérente, ce qui facilite la recherche rapide et l'accès aux données pertinentes. Par exemple, les antécédents médicaux, les résultats d'examens et les traitements antérieurs peuvent être regroupés de manière à fournir une vue complète du dossier médical d'un patient.

- **Sécurisation des Données**

La sécurité des données est une préoccupation majeure dans la gestion des DME. Les systèmes basés sur l'IA peuvent mettre en place des mesures de sécurité robustes, telles que le cryptage des données, l'authentification à deux facteurs et la surveillance continue des accès. Cela garantit que les informations médicales sensibles restent confidentielles et protégées contre les violations de sécurité.

- **Reconnaissance Vocale et Transcription Automatisée**

L'IA peut être utilisée pour la reconnaissance vocale, ce qui permet aux médecins de dicter des notes médicales qui sont ensuite automatiquement transcrites dans les DME. Cela améliore l'efficacité des professionnels de la santé en éliminant la nécessité de saisir manuellement des informations et en permettant des mises à jour en temps réel des dossiers médicaux.

- **Accès Rapide aux Données**

Les DME basés sur l'IA offrent un accès rapide aux données médicales, qu'il s'agisse de professionnels de la santé qui recherchent des informations sur un patient ou de patients qui souhaitent consulter leur propre dossier. Cette accessibilité favorise une prise de décision médicale plus rapide et plus précise, ce qui peut sauver des vies dans des situations d'urgence.

3. Avantages des DME basés sur l'IA

L'adoption de dossiers médicaux électroniques (DME) basés sur l'intelligence artificielle (IA) en Afrique offre une série d'avantages significatifs, qui sont essentiels pour améliorer la qualité des soins de santé dans la région. Voici une discussion approfondie des avantages de ces systèmes :

- **Accès Rapide aux Données**

L'un des principaux avantages des DME basés sur l'IA est la facilité d'accès aux données médicales. Les professionnels de la santé peuvent récupérer rapidement les informations sur les patients, y compris les antécédents médicaux, les diagnostics précédents et les résultats d'examens. Cela permet des prises de décision plus rapides et plus précises, ce qui est crucial en cas d'urgence médicale.

- **Prise de Décision Éclairée**

Les DME basés sur l'IA fournissent des informations exploitables pour les professionnels de la santé. En utilisant des algorithmes d'IA, ces systèmes peuvent analyser les données médicales pour générer des recommandations cliniques et des options de traitement basées sur des preuves. Cela aide les médecins à prendre des décisions éclairées et à choisir les meilleurs protocoles de soins pour leurs patients.

- **Réduction des Erreurs Médicales**

Les DME basés sur l'IA contribuent à réduire les erreurs médicales. Les systèmes d'IA peuvent effectuer des vérifications de cohérence automatiques, détecter les interactions médicamenteuses potentiellement dangereuses et signaler les incohérences dans les dossiers médicaux. Cela améliore la sécurité des patients en évitant les erreurs médicales évitables.

- **Suivi Continu et Prévention**

Les DME basés sur l'IA permettent un suivi continu des patients. Les professionnels de la santé peuvent surveiller de manière proactive les conditions médicales, les facteurs de risque et les tendances de santé à l'aide de ces systèmes. Cela facilite la prévention des complications et des maladies, car les interventions précoces sont possibles.

- **Économie de Temps et d'Argent**

En automatisant de nombreuses tâches administratives, les DME basés sur l'IA permettent aux professionnels de la santé d'économiser du temps précieux. Moins de temps est consacré à la gestion de la paperasse, ce qui signifie plus de temps pour l'interaction avec les patients. De plus, une meilleure gestion des données réduit les coûts liés aux erreurs médicales et aux tests redondants, ce qui contribue à économiser de l'argent.

- **Accessibilité Améliorée**

L'IA permet également d'améliorer l'accessibilité des soins de santé en Afrique. Les DME peuvent être accessibles à distance, ce qui est particulièrement utile dans les régions rurales et éloignées. Les téléconsultations et la télémédecine deviennent plus accessibles, permettant aux patients d'obtenir des soins de qualité, même dans des zones mal desservies.

En conclusion, les DME basés sur l'IA présentent une série d'avantages majeurs pour la gestion des dossiers médicaux en Afrique. Ils améliorent l'accès aux données médicales, soutiennent la prise de décision éclairée, réduisent les erreurs médicales, favorisent la prévention des maladies, économisent du temps et de l'argent, et améliorent l'accessibilité aux soins de santé. Cette combinaison d'avantages peut considérablement renforcer les systèmes de santé en Afrique et améliorer la qualité des soins fournis aux patients.

IV. Systèmes de Gestion des Soins de Santé basés sur l'IA

1. Révolution des Systèmes de Gestion des Soins de Santé

Les systèmes de gestion des soins de santé basés sur l'intelligence artificielle (IA) ont engagé une véritable révolution dans la prestation des soins de santé en Afrique. Ces systèmes transforment la manière dont les soins sont administrés, améliorant l'efficacité, l'accessibilité et la qualité des services médicaux dans la région.

Voici comment ils ont un impact sur la prestation des soins de santé :

- **Télémédecine et Consultations à Distance**

L'IA a permis le développement de la télémédecine en Afrique. Les patients peuvent désormais consulter des médecins à distance, en utilisant des applications mobiles ou des plateformes en ligne. Ces consultations à distance sont rendues possibles par des algorithmes d'IA qui permettent aux médecins de poser des diagnostics précis en se basant sur les informations fournies par les patients. Cela est particulièrement bénéfique dans les régions mal desservies où l'accès aux services de santé est limité.

- **Gestion des Ressources Médicales**

Les systèmes d'IA sont utilisés pour optimiser la gestion des ressources médicales. Les hôpitaux peuvent prédire la demande de services médicaux en fonction des données historiques, ce qui leur permet de planifier les effectifs et les fournitures de manière adéquate. Cela réduit les temps d'attente pour les patients et garantit que les ressources sont utilisées de manière efficiente.

- **Diagnostic Assisté par l'IA**

L'IA joue un rôle clé dans le diagnostic médical en fournissant des suggestions aux professionnels de la santé. Les systèmes d'IA sont formés sur de vastes ensembles de données médicales, ce qui leur permet de reconnaître les symptômes et les signes cliniques. Les médecins peuvent ainsi obtenir des informations supplémentaires pour établir des diagnostics précis et proposer des plans de traitement appropriés.

- **Prévention des Maladies**

Les systèmes de gestion des soins de santé basés sur l'IA s'emploient à la prévention des maladies. En analysant les données médicales des patients, l'IA peut identifier les facteurs de risque et les tendances de santé. Les professionnels de la santé peuvent alors intervenir de manière proactive en fournissant des conseils préventifs aux patients, en effectuant des dépistages réguliers et en mettant en œuvre des programmes de sensibilisation.

- **Suivi des Patients Chroniques**

Les patients atteints de maladies chroniques bénéficient également de ces systèmes. Les DME basés sur l'IA peuvent envoyer des rappels pour la prise de médicaments, surveiller les signes vitaux à distance et signaler tout écart par rapport aux normes. Cela permet un suivi

continu des patients, réduisant ainsi les hospitalisations évitables et améliorant la qualité de vie (Philips Healthcare 2022).

2. Suivi des Patients et Prévention des Maladies

L'intelligence artificielle (IA) est devenue un atout essentiel dans le suivi des patients à risque et la prévention des épidémies de maladies en Afrique.

- **Suivi Continu des Patients à Risque**

L'IA permet un suivi continu des patients à risque, tels que ceux atteints de maladies chroniques ou ceux exposés à des facteurs de risque élevés. Les systèmes de gestion des soins de santé basés sur l'IA collectent et analysent en temps réel les données médicales des patients. Cela comprend les signes vitaux, les résultats de tests de laboratoire, les images médicales et les données de santé mobiles. En surveillant ces informations, les médecins peuvent détecter rapidement tout écart par rapport aux normes et intervenir immédiatement.

- **Prédiction des Épidémies**

L'IA est utilisée pour la prédiction des épidémies de maladies. Les systèmes d'IA analysent les données de santé agrégées, telles que les rapports de symptômes et les données de géolocalisation, pour identifier les tendances et les modèles. En utilisant des algorithmes de machine learning, ils peuvent prévoir la propagation de maladies infectieuses, comme la grippe ou le paludisme. Ces prédictions permettent aux autorités de santé de prendre des mesures préventives, telles que la vaccination de masse ou la distribution de moustiquaires imprégnées d'insecticide.

- **Alertes Précoces**

Les systèmes d'IA sont capables de générer des alertes précoces en cas de menaces pour la santé publique. Par exemple, si une augmentation soudaine des cas de fièvre est détectée dans une région, l'IA peut générer une alerte pour avertir les autorités sanitaires locales. Cela permet une réponse rapide pour contenir la propagation de la maladie et mettre en place des mesures de quarantaine si nécessaire.

- **Personnalisation des Soins Préventifs**

L'IA permet de personnaliser les soins préventifs en fonction des risques individuels. En analysant les données médicales et les antécédents de santé, les systèmes d'IA peuvent

recommander des interventions préventives spécifiques pour chaque patient. Par exemple, un patient présentant un risque élevé de diabète peut recevoir des conseils sur le mode de vie et des rappels pour des examens de dépistage réguliers.

- **Utilisation de Données Géospatiales**

L'IA utilise également des données géospatiales pour le suivi des patients et la prévention des maladies. Les systèmes intègrent des informations sur la géolocalisation des patients et des établissements de santé. Cela permet de cartographier la répartition des patients à risque et de planifier efficacement les ressources de santé en fonction des besoins géographiques.

3. Personnalisation des Soins

L'intelligence artificielle (IA) joue aussi un rôle essentiel dans la personnalisation des soins de santé en Afrique. Grâce à des analyses de données avancées et à des algorithmes d'apprentissage automatique, l'IA permet de fournir des soins de santé adaptés aux besoins individuels des patients. Voici comment elle opère cette transformation :

- **Analyse des Données Médicales**

L'IA analyse en profondeur les données médicales des patients, y compris les antécédents médicaux, les résultats de tests, les images médicales et les dossiers médicaux électroniques. Ces données fournissent une vue holistique de la santé du patient et servent de base à la personnalisation des soins.

- **Évaluation des Risques**

Les algorithmes d'IA évaluent les risques individuels des patients en se basant sur leurs données médicales. Cela inclut l'identification des facteurs de risque pour des maladies spécifiques, la prédiction des complications potentielles et la détection des tendances de santé. Par exemple, l'IA peut déterminer si un patient présente un risque élevé de développer une maladie cardiaque en analysant ses données cardiovasculaires.

- **Recommandations de Traitement**

En fonction de l'analyse des données et de l'évaluation des risques, l'IA génère des recommandations de traitement personnalisées. Ces recommandations incluent des prescriptions médicales, des plans de traitement, des conseils nutritionnels, des programmes

d'exercices et d'autres interventions spécifiques à chaque patient. Par exemple, un patient diabétique peut recevoir des recommandations pour gérer son taux de sucre dans le sang.

- **Suivi Continu**

L'IA assure un suivi continu des patients, en collectant en temps réel des données sur leur état de santé. Les capteurs médicaux connectés, les dispositifs portables et les applications mobiles alimentent constamment les données de l'IA. Si des anomalies sont détectées, l'IA peut générer des alertes pour les professionnels de la santé, ce qui permet une intervention rapide.

- **Prévention des Erreurs Médicales**

L'IA contribue également à la prévention des erreurs médicales en identifiant les interactions médicamenteuses potentiellement dangereuses et en évitant les prescriptions incompatibles. Elle vérifie les dossiers médicaux électroniques pour s'assurer que les patients ne reçoivent pas de médicaments auxquels ils sont allergiques (Inserm, 2024).

V. Télémédecine et IA - Comment l'IA facilite-t-elle la prestation de soins de santé dans les régions éloignées ?

L'IA facilite également le déploiement de la télémédecine en Afrique. Les applications de télémédecine permettent aux patients en milieu rural ou éloigné de consulter des professionnels de la santé à distance, bénéficiant ainsi d'un accès aux soins de qualité sans avoir à parcourir de longues distances (Mars, 2013). Les systèmes d'IA sont utilisés pour la surveillance à distance des patients, le suivi des signes vitaux, et la coordination des soins (Rfi 2020).

La télémédecine, qui permet aux patients de consulter des professionnels de la santé à distance, a considérablement évolué en Afrique grâce à l'intégration de l'Intelligence Artificielle (IA) (numeum, 2017). Cette combinaison offre des avantages significatifs, notamment l'accès à des soins médicaux de qualité dans les régions éloignées ou sous-desservies, où la disponibilité de médecins peut être limitée.

1. Consultations Médicales en Ligne

En Afrique, de nombreux patients vivent dans des zones rurales éloignées où l'accès aux établissements de santé est limité. L'IA facilite les consultations médicales en ligne en connectant les patients à des professionnels de la santé via des plateformes numériques sécurisées. Les patients peuvent ainsi obtenir des conseils médicaux, des diagnostics préliminaires et des recommandations de traitement sans quitter leur domicile (africanews (en français), 2022).

2. Surveillance des Signes Vitaux à Distance

L'IA permet la surveillance des signes vitaux à distance. Des dispositifs médicaux connectés peuvent collecter des données telles que la pression artérielle, la fréquence cardiaque et la glycémie, puis transmettre ces informations à des systèmes d'IA. Les médecins peuvent ainsi surveiller l'état de santé de leurs patients à distance et intervenir en cas de besoin (« L'intelligence artificielle au service de la médecine en Afrique », 2020).

3. Réduction des Temps d'Attente

La télémédecine assistée par l'IA réduit les temps d'attente pour les consultations médicales. Les patients n'ont pas à attendre des semaines pour un rendez-vous avec un spécialiste. Ils peuvent avoir accès à un professionnel de la santé en ligne en quelques heures, ce qui est essentiel pour les cas nécessitant une intervention rapide (*Le conseil santé - Télémédecine*, 2018).

4. Extension de la Portée des Soins de Santé

En Afrique, où les distances géographiques peuvent être importantes, la télémédecine élargit la portée des soins de santé. Les médecins peuvent atteindre des communautés éloignées et fournir des soins de qualité là où ils sont nécessaires, contribuant ainsi à réduire les inégalités en matière de santé. Aussi des plateformes telles que Medic Mobile utilisent des chatbots et des applications mobiles pour former les professionnels de la santé locaux (*CaseStudy Medic Mobile*). Ces outils peuvent fournir des informations sur les maladies, les traitements et les protocoles de soins, ainsi que des conseils sur la gestion des cas complexes. Les professionnels de la santé peuvent également utiliser ces outils pour se connecter à des médecins et à d'autres professionnels de la santé pour obtenir des conseils et des diagnostics à distance (Medic 2023).

5. Formation Médicale en Ligne

L'IA est également utilisée pour la formation médicale en ligne. Les médecins, les infirmières et les autres professionnels de la santé peuvent accéder à des ressources éducatives en ligne, y compris des cours et des simulations, pour améliorer leurs compétences et leur expertise médicale.

La télémédecine assistée par l'IA présente un grand potentiel pour améliorer l'accès aux soins de santé en Afrique et pour garantir que les patients, quel que soit leur emplacement géographique, puissent bénéficier de conseils médicaux appropriés et de soins de qualité. Si vous souhaitez continuer avec le prochain point, veuillez me le faire savoir.

VI. Formation et renforcement des compétences médicales.

La formation et le renforcement des compétences médicales sont des éléments essentiels pour améliorer la qualité et l'accessibilité des soins de santé en Afrique, où il existe une pénurie aiguë de personnel qualifié, notamment de médecins, d'infirmiers, de pharmaciens ou de techniciens. Selon l'OMS, l'Afrique ne compte que 1,55 agents de santé pour 1000 habitants, soit moins du quart du seuil minimum recommandé pour assurer une couverture sanitaire universelle qui est de 4,45. La formation et le renforcement des compétences médicales comprennent donc des activités telles que l'enseignement, l'apprentissage, la supervision, l'évaluation ou la certification. Or puisque l'intelligence artificielle (IA) est une technologie qui permet de créer des systèmes capables d'effectuer des tâches qui nécessitent habituellement de l'intelligence humaine, telles que la perception, le raisonnement, l'apprentissage ou la décision (Sabharwal & Selman, 2011), l'IA a donc de nombreuses applications potentielles dans le domaine de la formation et du renforcement des compétences médicales en Afrique. Aussi peut-elle fournir des outils avancés pour faciliter, enrichir et personnaliser les processus d'enseignement et d'apprentissage, pour soutenir et évaluer les pratiques professionnelles, pour stimuler l'innovation et la recherche médicales.

1. Facilitation de l'Enseignement et de l'Apprentissage

La facilitation de l'enseignement et de l'apprentissage implique des activités telles que la conception des programmes, la création des ressources pédagogiques, la mise en œuvre des méthodes pédagogiques ou la gestion des interactions. L'IA peut aider à faciliter l'enseignement et l'apprentissage en utilisant des techniques de traitement du langage naturel

ou de dialogue, qui permettent aux systèmes d'IA de comprendre et de générer du texte ou de la parole dans une langue (Jurafsky & Martin, 2008b).

Un exemple d'initiative de facilitation de l'enseignement et de l'apprentissage en Afrique est le projet AI4D-Africa, développé par Knowledge 4 All Foundation en partenariat avec plusieurs institutions africaines. Le projet AI4D-Africa vise à promouvoir l'éducation à l'IA en Afrique à travers la création d'une plateforme en ligne qui offre des cours, des ateliers, des webinaires ou des concours sur différents aspects de l'IA. Le projet AI4D-Africa utilise également un chatbot basé sur l'IA qui fournit un soutien personnalisé aux apprenants en répondant à leurs questions ou en leur donnant des conseils (*AI4D Africa*).

2. Stimulation de l'Innovation et de la Recherche Médicales

L'intelligence artificielle (IA) a émergé comme une force transformative dans le domaine de la santé, offrant un potentiel significatif pour améliorer les soins de santé, accélérer les découvertes médicales et relever les défis complexes auxquels est confronté le secteur de la santé. Cette partie examine les principaux éléments à considérer pour promouvoir la stimulation de l'innovation et de la recherche médicales en relation avec l'IA.

- ***Financement de la Recherche***

Le financement de la recherche est un facteur fondamental pour favoriser l'innovation en matière d'IA en santé. Il est impératif que les gouvernements, les organismes philanthropiques et l'industrie investissent de manière substantielle dans la recherche médicale axée sur l'IA. Cette injection de ressources financières peut se matérialiser sous la forme de subventions, de partenariats de recherche public-privé et de soutien à des projets de recherche visant à développer de nouvelles technologies médicales basées sur l'IA.

- ***Accès aux Données Médicales***

L'IA en santé dépend fortement de l'accès à des ensembles de données médicales volumineux et de haute qualité. Les politiques de confidentialité des données doivent être conçues de manière à permettre aux chercheurs d'accéder à ces données tout en garantissant la protection de la vie privée des patients. Il est essentiel d'encourager la mise en commun des données médicales et d'établir des incitations à cet égard.

- ***Collaboration Interdisciplinaire***

La recherche en IA en santé nécessite une collaboration étroite entre des chercheurs issus de divers domaines, notamment l'informatique, la médecine, la biologie et d'autres disciplines connexes. Les équipes interdisciplinaires sont mieux à même d'aborder les problèmes complexes et multidimensionnels qui caractérisent le domaine de la santé.

- ***Développement de Normes et de Réglementations***

Le développement de normes de qualité et de réglementations appropriées est essentiel pour garantir la sécurité et l'efficacité des technologies médicales basées sur l'IA. La collaboration entre les organismes de réglementation, l'industrie et les chercheurs est nécessaire pour élaborer des directives claires.

- ***Formation et Éducation***

La formation des professionnels de la santé et des chercheurs revêt une importance cruciale pour garantir une utilisation éthique et efficace de l'IA en santé. Il est nécessaire de mettre en place des programmes de formation visant à aider les médecins et les chercheurs à comprendre et à utiliser ces nouvelles technologies de manière compétente.

- ***Transparence et Responsabilité***

Les chercheurs et les entreprises actives dans le domaine de l'IA en santé doivent faire preuve de transparence en ce qui concerne leurs méthodologies et leurs résultats. Il est également essentiel d'établir des mécanismes de responsabilité clairs en cas de problèmes liés à la sécurité ou à l'éthique.

- ***Partenariats Publics-Privés***

Les partenariats entre le secteur public et privé jouent un rôle majeur dans la stimulation de l'innovation en matière d'IA en santé. Les gouvernements peuvent collaborer avec des entreprises technologiques pour financer des projets de recherche et de développement.

- ***Soutien à l'Entrepreneuriat***

L'encouragement de l'entrepreneuriat dans le domaine de l'IA en santé peut favoriser l'innovation. La création d'incubateurs et d'accélérateurs spécialisés dans la santé et l'IA peut aider les start-ups à développer et à mettre en œuvre leurs idées novatrices.

- ***Évaluation Continue***

L'efficacité des technologies médicales basées sur l'IA doit faire l'objet d'une évaluation continue pour garantir qu'elles apportent une réelle valeur ajoutée aux soins de santé.

La stimulation de l'innovation et de la recherche médicales liées à l'IA exige un engagement à long terme de la part de divers acteurs, une réglementation appropriée et un environnement propice à la collaboration et à l'expérimentation. Cette approche globale peut contribuer à transformer la prestation des soins de santé globale, à accélérer les découvertes médicales et à améliorer la vie des patients (Bajwa et al., 2021).

VII. Gestion des Données de Santé : Enjeux de sécurité et de confidentialité des données

Comme susmentionné l'IA est de plus en plus utilisée pour analyser et interpréter de vastes ensembles de données de santé, tels que les dossiers médicaux électroniques, les images médicales, les données génomiques et les données de télésanté. Oui, cela permet d'améliorer la précision des diagnostics, d'identifier des tendances médicales et de personnaliser les traitements.

Néanmoins, ces données sont sensibles et doivent être gérées avec soin pour garantir la confidentialité des patients et éviter les risques de sécurité. D'autant plus que les enjeux de sécurité et de confidentialité des données sont particulièrement importants dans le contexte de l'IA, car les modèles d'apprentissage automatique peuvent être utilisés pour extraire des informations sensibles à partir de données de santé.

1. Qu'est-ce la donnée de santé ?

Selon le RGPD, les "données à caractère personnel concernant la santé" englobent toutes les informations liées à la santé d'une personne, qu'elles révèlent des détails sur son état de santé passé, actuel ou futur, que ce soit sur le plan physique ou mental. Ces données incluent des informations relatives à la personne, des données de mesure croisées avec d'autres informations pour tirer des conclusions sur la santé, ainsi que des données utilisées à des fins médicales. En résumé, le RGPD définit les données de santé comme des informations liées à la santé d'une personne, quel que soit leur origine ou leur utilisation (*Données numériques de santé*, 2023).

Explorons à présent les défis et les préoccupations majeurs relatifs à la sécurité et à la confidentialité des données de santé qui émergent dans le contexte de l'intelligence artificielle (IA) appliquée à leur gestion.

2. Protection des Données de Santé

Les données de santé sont réglementées par des lois strictes, telles que la loi HIPAA aux États-Unis ou le RGPD en Europe. Ces lois exigent que les données médicales des patients soient protégées contre tout accès non autorisé, divulgation ou utilisation abusive. Les institutions médicales et les fournisseurs d'IA doivent se conformer à ces réglementations pour garantir la sécurité des données.

3. Risques de Sécurité

L'IA dans la gestion des données de santé peut être vulnérable à des cyberattaques. Les pirates informatiques peuvent tenter d'accéder aux systèmes pour voler des données médicales sensibles, perturber les opérations médicales ou exiger des rançons. Les entreprises et les institutions de santé doivent mettre en place des mesures de sécurité robustes, telles que la cryptographie et l'authentification à deux facteurs, pour se protéger contre ces menaces.

4. Consentement et Confidentialité

Les patients doivent donner leur consentement éclairé pour que leurs données médicales soient utilisées dans des applications d'IA. Il est essentiel d'informer les patients sur la manière dont leurs données seront utilisées et de respecter leurs préférences en matière de confidentialité. La transparence est cruciale pour établir la confiance des patients.

5. Anonymisation des Données

Pour réduire les risques liés à la confidentialité, les données de santé peuvent être anonymisées avant d'être utilisées dans des projets d'IA. Cependant, l'anonymisation complète des données tout en préservant leur utilité peut être un défi complexe.

6. Formation et Sensibilisation

Les professionnels de la santé et les chercheurs doivent être formés aux bonnes pratiques en matière de gestion des données de santé et de cybersécurité. La sensibilisation aux risques de sécurité et à l'importance de la confidentialité des données est essentielle pour éviter les violations.

7. Audit et Surveillance

Les systèmes d'IA doivent être régulièrement audités pour garantir qu'ils respectent les normes de sécurité et de confidentialité. Une surveillance constante est nécessaire pour détecter toute activité suspecte ou violation potentielle.

Il apparaît donc que l'avancée exponentielle des données de santé numériques soulève d'importants enjeux, mêlant des aspects médicaux, technologiques et juridiques. Ces données, définies de manière extensive par le RGPD, englobent toutes les informations relatives à l'état de santé d'une personne, passée, présente ou future. Elles se divisent en trois catégories : les données de santé par nature, les données de santé devenues telles par croisement avec d'autres données, et celles transformées en données de santé par leur utilisation médicale (*Données numériques de santé*, 2023).

Le cadre juridique, notamment le RGPD, est crucial pour protéger ces données sensibles. Il autorise le traitement de données de santé sous certaines conditions, telles que le consentement explicite de la personne concernée, la nécessité pour l'exécution des obligations légales ou pour des motifs d'intérêt public, notamment en matière de santé publique.

L'intelligence artificielle (IA) joue un rôle essentiel dans l'exploitation de ces données de santé, ouvrant la voie à des avancées significatives en médecine, de la médecine préventive à la médecine personnalisée. Cependant, cela soulève des défis éthiques et juridiques, notamment en matière de protection des données personnelles (Lexing, 2020). La valeur de l'IA repose largement sur l'accès aux données, exigeant une stricte conformité aux règles de protection des données.

Les enjeux financiers liés à la collecte de données de santé suscitent également des préoccupations, avec des acteurs économiques cherchant à exploiter ces informations à des fins commerciales. Cette situation nécessite un équilibre entre l'innovation et la protection des données.

L'Organisation mondiale de la santé pour sa part (OMS) a publié un rapport mondial sur l'intelligence artificielle (IA) appliquée à la santé, ainsi que six principes directeurs relatifs à sa conception et à son utilisation. Ce rapport souligne à la fois les opportunités et les défis que l'IA présente dans le domaine de la santé.

Ces principes visent à garantir que l'IA en santé est utilisée de manière responsable et éthique pour le bénéfice de tous. Ils encouragent la collaboration entre les gouvernements, les prestataires de soins de santé et les concepteurs pour prendre en compte les questions d'éthique et de droits humains à chaque étape de la conception, du développement et du déploiement de cette technologie.

Le rapport de l'OMS met en lumière l'importance cruciale de l'éthique, de la réglementation et de la diversité contextuelle dans l'adoption de l'IA en santé, tout en reconnaissant son potentiel pour transformer positivement les soins de santé à l'échelle mondiale (L'OMS 2021).

En fin de compte, la gestion des données de santé numériques représente un défi multidimensionnel qui demande une réflexion approfondie sur les aspects médicaux, technologiques, juridiques et éthiques pour garantir à la fois l'innovation médicale et la protection des droits individuels.

VIII. Innovations technologiques en cours de développement

Selon une étude menée par la fondation Ovaris et Microsoft pour le compte du système des Nations unies, l'IA va permettre de combler le retard de l'Afrique dans les systèmes de santé (*Afrique économie* 2020). La télémédecine, le diagnostic assisté par ordinateur, et la santé numérique sont en pointe dans certains pays africains. Par exemple, Tulip industries, une startup à Conakry, utilise l'IA pour fédérer les informations recueillies par ses bornes de télémédecine afin d'aider les médecins.

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) a publié un rapport sur l'IA appliquée à la santé, soulignant que l'IA constitue un grand espoir pour améliorer la prestation des soins et la médecine dans le monde entier, à condition de placer l'éthique et les droits humains au cœur de sa conception, de son déploiement et de son utilisation.

Ce rapport consacré à l'éthique et à la gouvernance de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé est le résultat de deux années de consultations menées par un groupe d'experts internationaux nommés par l'OMS.

En Afrique, les applications de l'IA offrent des possibilités passionnantes pour faire progresser les objectifs de développement durable en stimulant la création de nouvelles entreprises, en améliorant les systèmes alimentaires, en favorisant des systèmes d'éducation de meilleure qualité, et en s'attaquant aux défis sanitaires et climatiques urgents.

Les technologies numériques et de pointe en matière d'information et de communication seront un facteur essentiel qui permettra d'atteindre l'objectif du « triple milliard » de l'OMS, soit un milliard de personnes supplémentaires bénéficiant de la couverture sanitaire universelle, un milliard de personnes supplémentaires mieux protégées face aux situations d'urgence sanitaire, et un milliard de personnes supplémentaires bénéficiant d'un meilleur état de santé et d'un plus grand bien-être.

L'avenir de l'IA en santé en Afrique est prometteur c'est certains. Les progrès technologiques continueront d'améliorer les usages de l'IA en santé, notamment dans la recherche médicale, la personnalisation des traitements, et la prévention des épidémies en Afrique.

A cet effet le **MboaLab** est un espace de travail collaboratif et un incubateur de projets innovants basés à Yaoundé, au Cameroun.

Il est dédié à la création et à la promotion de solutions technologiques innovantes pour les défis locaux, en particulier dans les domaines de la santé, de l'éducation et de l'agriculture. En plus de son travail en matière d'IA, le MboaLab est également connu pour son engagement en faveur de l'inclusion numérique, de l'égalité des genres et de l'impact social (Cameroon Node – Open Bioeconomy Lab 2020).

BeneficialBio qui est une initiative du MboaLab se concentre sur l'utilisation de la biotechnologie pour résoudre les problèmes de santé et d'environnement. L'objectif de BeneficialBio est de développer des solutions biotechnologiques innovantes et durables pour améliorer la santé et la qualité de vie des populations, tout en protégeant l'environnement (Beneficial Bio 2022).

L'une des initiatives phares de BeneficialBio est la production de biomasse à partir de déchets organiques, tels que les déchets alimentaires, pour la production de nourriture pour animaux de compagnie, de combustibles et d'autres produits. Cette initiative vise à réduire la pollution et la dégradation de l'environnement causées par les déchets organiques tout en payant

des produits utiles. Aussi Il s'agit d'un programme de recherche sur les micro-organismes bénéfiques pour l'agriculture et l'environnement. L'objectif est de développer des solutions écologiques pour améliorer la santé des plantes et la qualité des sols en utilisant des micro-organismes naturels.

BeneficialBio travaille aussi sur le développement de solutions biotechnologiques pour lutter contre les maladies tropicales, telles que le paludisme et la dengue. Ces solutions incluent l'utilisation de bactéries bénéfiques pour contrôler les populations de moustiques vecteurs de maladies.

Le MboaLab et BeneficialBio travaillent en étroite collaboration avec des partenaires locaux et internationaux pour mener à bien leurs initiatives et poursuivre leur mission de développement durable à travers la biotechnologie.

Le projet BeneficialBio a débuté en 2018 et est mené en partenariat avec le Muséum national d'histoire naturelle de France. Le MboaLab utilise l'IA pour aider à identifier les micro-organismes bénéfiques et pour comprendre leur impact sur l'environnement. Les résultats de cette recherche pourraient avoir des implications importantes pour l'agriculture durable et la gestion environnementale au Cameroun et dans d'autres pays.

Améliorer le diagnostic de la fièvre typhoïde au Cameroun et en Afrique est un défi de santé important.

Les méthodes de diagnostic actuelles comprennent la culture microbiologique et les tests de détection des anticorps, mais elles présentent des limitations en termes de coût, de complexité technique et de fiabilité. Pour résoudre ce problème, une approche basée sur l'intelligence augmentée est proposée (Mboalab 2021).

L'intelligence augmentée, qui combine les capacités humaines avec les outils et les technologies appropriés, est considérée comme une solution plus pertinente que l'intelligence artificielle seule dans le contexte des maladies tropicales comme la typhoïde. Cette approche vise à améliorer l'intelligence humaine plutôt que de la remplacer (IRCAI 2022).

Dans cette perspective, l'utilisation de tests de microcultures sanguines et d'algorithmes basés sur les réseaux neuronaux convolutifs (CNN) est proposée. Les images collectées seront utilisées pour former l'algorithme, et en fonction du volume de données disponibles, l'apprentissage par transfert peut être utilisé pour automatiser les tests microbiologiques.

En complément, un algorithme d'apprentissage rapide basé sur un arbre de décision sera utilisé pour confirmer le diagnostic et évaluer la gravité de la maladie en se basant sur 18 variables symptomatiques.

Cependant, le principal défi auquel ce projet est confronté est la disponibilité de données locales ouvertes et de haute qualité pour entraîner les algorithmes. Cette approche basée sur l'intelligence augmentée offre des opportunités pour améliorer le diagnostic de la typhoïde, mais une collaboration étroite entre les professionnels de la santé, les techniciens de laboratoire et les chercheurs est essentielle pour sa mise en œuvre réussie.

Innover dans la biotechnologie en Afrique ! ... rare, mais pas impossible ! Une autre des activités phares du Mboalab.

Le Mboalab s'est engagé à relever les défis locaux en utilisant des approches novatrices basées sur la biologie synthétique. Leur objectif est de créer des solutions durables pour l'agriculture, la santé, l'environnement et d'autres secteurs clés en Afrique.

En 2023 le programme **Mboalab - Intelligence artificielle pour la santé publique (AI4PH)**, du MboaLab, sous la direction du chercheur Open AIR Mboa Thomas figure parmi les 100 meilleures initiatives d'IA au monde. Une très belle récompense. Il s'agit de quoi plus précisément ?

C'est un projet au Cameroun pour aider à diagnostiquer le cancer du sein plus rapidement (*Mboalab - (AI4PH) 2023*). Le cancer est un gros problème dans certains pays africains. Il est difficile de trouver des spécialistes pour détecter et traiter le cancer. Au Cameroun, par exemple, il y a seulement 19 spécialistes pour plus de 22 millions de personnes. Cela rend difficile de soigner tous ceux qui en ont besoin. Pour aider, le MboaLab et son équipe de scientifiques utilisent l'intelligence artificielle (IA) et des images de tissus pour créer un outil qui peut diagnostiquer le cancer plus vite et avec plus de précision. Ils ont développé un programme qui utilise des algorithmes d'apprentissage automatique pour analyser les images et trouver des signes de cancer.

Ils ont également créé un microscope spécial qui peut aider à détecter d'autres maladies (*GitHub - Mboalab*). Ils espèrent que ces nouvelles technologies pourront aider plus de personnes à obtenir un traitement contre le cancer et d'autres maladies graves. Le travail du MboaLab a été reconnu internationalement pour son importance :

- MBOALAB est répertorié dans l'édition 2022-23 des 100 meilleurs projets mondiaux d'IA de l'IRCAI (Centre de recherche international sur l'IA) qui traitent des 17 objectifs de développement durable des Nations Unies. L'IRCAI est le Centre de recherche international sur l'IA sous l'égide de l'UNESCO (IRCAI 2022).
- Depuis 2 ans, ils ont obtenu une détermination d'équivalence (ED) reconnaissant MboaLab comme équivalent à une organisation caritative publique aux États-Unis.

En résumé, le MboaLab est un laboratoire de recherche et d'innovation en TIC qui utilise l'IA dans ses projets pour répondre aux besoins des populations africaines. Le laboratoire a réalisé plusieurs projets dans les domaines de l'énergie, de l'environnement, de la santé et de la gestion de la ville. Ces projets favorisent le potentiel de l'IA pour répondre aux défis spécifiques de l'Afrique et pour améliorer la qualité de vie des populations. Force est donc de constater que le MboaLab est une organisation de **premier plan** dans l'écosystème de l'innovation technologique au Cameroun et en Afrique. Grâce à son engagement en faveur de l'innovation sociale, de l'inclusion numérique et de la collaboration internationale, il contribue à promouvoir un développement technologique responsable et équitable en Afrique.

**CONCLUSION : PERSPECTIVES ET
RECOMMANDATIONS FUTURES POUR LE
CAMEROUN**

L'intelligence artificielle (IA) en santé en Afrique est un domaine de recherche et d'innovation qui vise à exploiter les capacités de l'IA pour améliorer la qualité, l'efficacité, l'accessibilité et l'équité des soins de santé sur le continent. L'exploration des usages actuels, des opportunités, des défis et des perspectives de l'intelligence artificielle (IA) en santé en Afrique a été le fil conducteur de cette étude et nous a permis d'explorer les multiples facettes de ce domaine en constante évolution (télémédecine, diagnostic, surveillance, etc.). Notre démarche qualitative, ancrée dans des études de cas, nous a permis de répondre à la question de recherche fondamentale : **Comment l'intelligence artificielle peut-elle contribuer à améliorer la santé globale en Afrique, tout en tenant compte des spécificités et des besoins du continent ?**

En synthétisant les découvertes majeures de notre recherche il ressort que l'IA en santé en Afrique se révèle être un domaine émergent et dynamique, marqué par des initiatives innovantes et une variété d'acteurs opérant dans différents pays et domaines d'application. L'IA en santé en Afrique peut donc contribuer à renforcer la prévention, le diagnostic, le traitement, la surveillance et la réponse aux maladies, ainsi qu'à améliorer les capacités et les compétences des professionnels de la santé.

Cependant, cette dynamique n'est pas sans défis et risques. Pour assurer un déploiement éthique et responsable de l'IA en santé en Afrique, il est crucial de considérer les aspects liés à l'adoption, à l'éthique, à la réglementation, à la gouvernance, à la sécurité des données, à la formation, à la diversité, à l'inclusion, ainsi qu'à la collaboration et au partenariat.

Une approche holistique, collaborative et responsable, qui tienne compte des besoins, des priorités, des valeurs et des contextes locaux doit être préconisée. Il faut également renforcer la recherche, l'innovation, l'éducation, la formation, le renforcement des capacités, le plaidoyer, le dialogue et le partage des connaissances dans ce domaine. L'IA en santé en Afrique peut être un catalyseur pour le changement et le développement, si elle est utilisée de manière éthique, équitable et durable.

Les résultats de notre recherche montrent qu'il existe des exemples réussis d'utilisation de l'IA pour améliorer la prévention, le diagnostic, le traitement, la surveillance et la réponse aux maladies, ainsi que pour renforcer les capacités et les compétences des professionnels de la santé. Cependant, des lacunes persistent, telles que le manque de données, d'infrastructures, de financements, de normes, de politiques, de cadres juridiques et éthiques, de participation des parties prenantes, de sensibilisation du public et de coordination entre les acteurs.

La conclusion s'oriente ensuite vers une perspective normative, discutant des implications éthiques, équitables et durables de l'IA en santé en Afrique. Nous mettons en lumière les résultats empiriques, analytiques et normatifs produits par notre recherche, éclairant les usages, les impacts et les perspectives de l'IA en santé en Afrique. En particulier, nous abordons les conditions nécessaires et les recommandations pour le développement et l'application de l'IA en santé en Afrique.

En ouvrant la voie à des recherches futures sur l'IA et la santé globale en Afrique et au Cameroun, nous suggérons les directions suivantes :

- Élargir le champ d'investigation à d'autres pays, domaines ou acteurs de l'IA en santé en Afrique, afin de compléter et de nuancer notre analyse, et de comparer et de généraliser nos résultats.
- Approfondir certains aspects théoriques, méthodologiques ou empiriques de notre étude, tels que les concepts et les définitions de l'IA et de la santé globale, les critères et les indicateurs de l'évaluation de l'IA en santé, les méthodes et les outils de collecte et d'analyse des données, ou les exemples et les cas d'usage de l'IA en santé.
- Explorer les dimensions prospectives et normatives de notre étude, en utilisant des méthodes de scénarisation, de simulation ou de participation, pour anticiper les évolutions possibles et souhaitables de l'IA en santé en Afrique, et pour élaborer des visions, des stratégies et des politiques pour l'IA en santé en Afrique.
- Développer des normes, des politiques, des cadres juridiques et éthiques adaptés à l'IA en santé en Afrique, en impliquant les parties prenantes locales et en respectant les principes de justice, de transparence, de responsabilité, de consentement, de protection de la vie privée et des droits humains.
- Promouvoir l'adoption et l'utilisation de l'IA en santé en Afrique, en tenant compte des besoins, des attentes, des préférences et des valeurs des utilisateurs finaux, en assurant la qualité, la fiabilité, la pertinence, l'accessibilité et l'acceptabilité des solutions d'IA en santé, et en évaluant leurs impacts sociaux, économiques, environnementaux et sanitaires.
- Renforcer la diversité et l'inclusion dans le domaine de l'IA en santé en Afrique, en favorisant la participation et la représentation des femmes, des jeunes, des minorités, des personnes vulnérables et des populations marginalisées, en réduisant les biais, les discriminations et les inégalités liés à l'IA en santé, et en promouvant l'équité, l'égalité des chances et l'empowerment des individus et des communautés.

- Encourager la collaboration et le partenariat dans le domaine de l'IA en santé en Afrique, en créant des synergies, des réseaux, des plateformes et des écosystèmes entre les acteurs locaux, régionaux et internationaux, en favorisant le partage des données, des connaissances, des expériences et des bonnes pratiques, et en soutenant la coopération, la coordination et la co-création dans le domaine de l'IA en santé.

Cette étude apporte également des contributions originales et pertinentes à la littérature existante sur l'IA et la santé globale, en particulier dans le contexte africain. Sur le plan théorique, nous avons adopté une perspective interdisciplinaire, qui combine les apports de l'informatique, de la santé publique, de la sociologie, de l'économie, de la politique et de l'éthique. Nous avons utilisé une méthode qualitative, qui permet de saisir la complexité, la diversité et la richesse des réalités et des expériences vécues par les acteurs de l'IA en santé en Afrique. Nous avons réalisé des études de cas dans différents pays africains, qui reflètent les spécificités et les besoins du continent, ainsi que les opportunités et les défis de l'IA en santé en Afrique. Nous avons produit des résultats empiriques, analytiques et normatifs, qui éclairent les usages, les impacts et les perspectives de l'IA en santé en Afrique, ainsi que les conditions et les recommandations sur le plan pratique pour son développement et son application. Sur le plan prospectif, elle ouvre la voie à des recherches futures sur les dimensions prospectives et normatives de l'IA en santé en Afrique, en identifiant les tendances, les scénarios, les enjeux et les opportunités pour le développement et la gouvernance de l'IA en santé en Afrique.

En adoptant donc une perspective interdisciplinaire, cette conclusion aspire à stimuler et à enrichir le débat et la recherche sur l'IA et la santé globale en Afrique. Elle se veut également un appel à l'action, soulignant l'importance d'une utilisation éthique, équitable et durable de cette technologie pour le bien commun de l'Afrique et au-delà.

Mais il est important de souligner que l'adoption tant de l'intelligence artificielle (IA), que de ses recommandations dans le contexte Africain et Camerounais doit nécessiter une approche attentive et contextualisée. Entre autres défis pour la gouvernance des données, ces 12 qui suivent sont les plus grands et préoccupants que les décideurs politiques et les cadres qu'ils doivent concevoir doivent relever.

1. **Le défi du biais.** L'IA peut introduire ou perpétuer des biais dans les données, les algorithmes ou les résultats, qui peuvent avoir des effets discriminatoires ou injustes sur les individus ou les groupes. Par exemple, une IA qui analyse des CV peut favoriser certains profils en fonction de critères implicites ou explicites, tels que le genre, l'origine ethnique,

l'âge, etc. Il faut donc veiller à ce que l'IA soit conçue et utilisée de manière à éviter ou à corriger ces biais, et à garantir l'équité, la diversité et l'inclusion.

2. **Le défi de la vie privée.** L'IA a la capacité d'identifier, de collecter, de traiter et de diffuser des informations personnelles ou sensibles sur les individus, sans leur consentement ou leur connaissance. Une IA peut reconnaître des visages, des voix, des empreintes digitales, des émotions, des préférences, des comportements, etc. Il faut donc protéger la vie privée et les données personnelles des individus, et leur donner le contrôle sur l'utilisation et le partage de ces informations.
3. **Le défi de la fausse déclaration.** L'IA peut générer ou diffuser des informations fausses, trompeuses ou manipulatrices, qui peuvent influencer l'opinion publique, la démocratie, la sécurité ou la confiance. On parle alors de Deepfakes, une IA capable de créer des images, des vidéos, des sons ou des textes synthétiques, qui imitent la réalité ou des personnes réelles, sans qu'il soit possible de les distinguer. Il faut donc promouvoir la vérification, la transparence et la responsabilité des sources et des contenus, et renforcer l'éducation aux médias et à l'information.
4. **Le défi de l'accès aux données.** L'IA repose sur l'accès à des données de qualité, pertinentes et représentatives, qui sont nécessaires pour alimenter les algorithmes et les modèles. Or, l'accès aux données peut être limité, inégal ou monopolisé par certains acteurs, qui peuvent en tirer un avantage concurrentiel ou stratégique. Il faut donc encourager le partage, la coopération et l'interopérabilité des données, dans le respect des droits et des intérêts des parties prenantes.
5. **Le défi de la puissance de calcul.** L'IA requiert une puissance de calcul importante, qui consomme des ressources énergétiques et matérielles, et qui génère des impacts environnementaux et sociaux et qui est monopolisé que par quelques organisations internationales. En outre l'entraînement de modèles d'IA nécessite des serveurs, des processeurs, des mémoires, des réseaux, etc., qui ont un coût financier, écologique et humain. Il faut donc optimiser l'efficacité, la durabilité et l'accessibilité de la puissance de calcul, et réduire son empreinte carbone et ses externalités négatives.
6. **Le défi de la Boîte Noire.** L'IA produit des résultats qui ne sont pas explicables, compréhensibles ou justifiables, soit parce que les algorithmes ou les modèles sont trop complexes, soit parce qu'ils sont protégés par le secret commercial ou la propriété intellectuelle. Par exemple, une IA peut prendre une décision ou faire une recommandation, sans que l'on sache pourquoi ou comment elle l'a fait. Il faut donc assurer la traçabilité,

l'explicabilité et l'auditabilité de l'IA, et permettre aux individus de contester ou de contredire ses résultats.

7. **Le défi de l'Open-Source.** L'IA peut être développée et diffusée de manière ouverte ou fermée, selon le degré de disponibilité et d'accessibilité du code, des données, des algorithmes ou des modèles. Une IA basée sur un code source ouvert ou fermé, peut être librement utilisé, modifié ou partagé, ou au contraire soumis à des restrictions ou des licences. Il faut donc évaluer les avantages et les inconvénients de l'Open-Source, et définir les conditions et les limites de son utilisation.
8. **Le défi de la propriété intellectuelle et du droit d'auteur.** L'IA peut créer, modifier ou réutiliser du contenu protégé par le droit d'auteur, sans respecter les licences ou les autorisations des créateurs originaux. La politique doit définir les critères et les mécanismes pour attribuer et faire respecter les droits de propriété intellectuelle et de droit d'auteur dans le domaine de l'IA.
9. **Le défi de la responsabilité.** L'IA peut entraîner des dommages matériels, moraux ou juridiques, intentionnels ou non, aux personnes ou aux biens. La politique doit établir les principes et les procédures pour déterminer et attribuer la responsabilité des acteurs impliqués dans le développement, le déploiement ou l'utilisation de l'IA, ainsi que les modalités de réparation ou de sanction.
10. **Le défi de l'emploi.** L'IA peut affecter la nature, la qualité et la quantité des emplois disponibles, en remplaçant, en complétant ou en créant des activités humaines. La politique doit anticiper et accompagner les transitions et les transformations du marché du travail, en assurant la protection sociale, la formation continue et l'adaptation des compétences des travailleurs.
11. **Le défi de la coordination internationale.** L'IA est une technologie transnationale et transversale, qui soulève des enjeux globaux et intersectoriels. La politique doit favoriser la coopération et l'harmonisation des normes et des régulations entre les pays et les régions, en tenant compte des spécificités culturelles, juridiques et éthiques de chaque contexte.
12. **Le défi existentiel.** L'IA peut représenter une menace potentielle pour la survie ou la souveraineté de l'humanité, si elle dépasse ou s'oppose aux intérêts ou aux valeurs humaines. La politique doit garantir la sécurité et l'alignement des objectifs et des valeurs de l'IA avec ceux de l'humanité, en prévenant ou en limitant les risques d'escalade ou de conflit.

Face à tous ces défis il apparaît indispensable que les décideurs politiques aient le cœur à l'ouvrage pour ce qui est de l'établissement rapide de cadres d'IA Camerounais.

Cette proposition sous-mentionnée peut-être un tremplin pour atteindre ce but.

RECOMMANDATIONS POUR L'ADOPTION ACCRUE ET L'OPTIMISATION DE L'IA EN SANTÉ AU CAMEROUN.

Malgré tous les bénéfices de l'IA en santé, elle peut cependant, poser aussi des défis éthiques, juridiques et sociaux qui doivent être pris en compte pour garantir le respect des droits humains et la protection des données personnelles. L'OMS a d'ailleurs publié le premier rapport mondial sur l'IA en santé et six principes directeurs pour sa conception et son utilisation.

Sur cette base pour favoriser l'adoption accrue et l'optimisation de l'IA en santé au Cameroun, il faudrait donc pour le Cameroun :

- Adopter une stratégie nationale et une feuille de route sur l'intelligence artificielle (IA), en s'inspirant de l'exemple du Sénégal qui a élaboré sa stratégie de manière participative avec les acteurs publics, privés et associatifs du secteur numérique.
- Renforcer la collaboration entre les acteurs du secteur de la santé, les chercheurs, les développeurs, les régulateurs et les utilisateurs finaux de l'IA.
- Créer un cadre réglementaire et éthique qui assure la qualité, la sécurité, la transparence et la responsabilité de l'IA en santé.
- Promouvoir l'inclusion, la participation et l'équité dans l'accès et l'utilisation de l'IA en santé (Object, 2022).
- Investissez dans le renforcement des infrastructures technologiques et de la connectivité pour permettre la collecte, le partage et l'analyse efficace des données de santé. L'amélioration de l'accès à l'internet haut débit est essentielle (Capo-Chichi, 2021).
- Encouragez le développement d'algorithmes adaptés aux spécificités des populations camerounaises. Les solutions d'IA doivent être contextualisées pour garantir leur efficacité dans des environnements de santé locaux (Brits, 2023).
- Favorisez les partenariats entre le gouvernement, le secteur privé et les organisations internationales pour stimuler l'innovation et le financement de projets liés à l'IA en santé
- Mettez en place des normes strictes de sécurité des données pour garantir la confidentialité des informations médicales. Cela contribuera à établir la confiance des patients et des professionnels de la santé dans l'utilisation de l'IA (Conil, 2022).
- Développement de Compétences Locales : Encouragez le développement de compétences locales en matière d'IA. La formation de professionnels locaux dans les domaines de

l'apprentissage automatique, de la science des données et de l'informatique est essentielle pour garantir une appropriation locale de cette technologie (Matters, 2021).

- **Gouvernance et Éthique** : Il faut établir des cadres de gouvernance robustes pour encadrer l'utilisation de l'IA dans les décisions politiques. S'assurer que ces cadres intègrent des principes éthiques, la transparence et la responsabilité, tout en respectant les valeurs culturelles locales.
- **Sensibilisation et Participation Citoyenne** : Impliquer activement les citoyens dans le processus de décision lié à l'IA sera un grand atout. La sensibilisation du public et la participation citoyenne sont cruciales pour garantir que les applications d'IA répondent aux besoins réels de la population.
- **Adaptation aux Besoins Locaux** : Il est nécessaire de personnaliser les solutions d'IA en fonction des besoins spécifiques et des réalités locales. Les solutions doivent être adaptées pour répondre aux défis uniques auxquels l'Afrique est confrontée, qu'il s'agisse de problèmes de santé, d'éducation ou de développement économique (Ade-Ibijola & Chinedu, 2023).
- **Rendre les développeurs conscients de leurs responsabilités professionnelles et de leurs implications morales** lors du développement contribuera à réduire les problèmes éthiques.
- La création d'un environnement propice encourage les esprits innovants.
- Le Dr Rachel Adams, dans son article sur les principales préoccupations et considérations politiques pour l'avenir du continent en matière d'IA en Afrique, appelle les décideurs politiques africains à « envisager la meilleure approche en matière de stratégies et d'adoptions d'IA dans leurs pays, l'accent devant être mis sur la construction de solutions durables ». Des écosystèmes locaux d'IA qui contribuent aux solutions d'IA pour faire progresser les priorités nationales de développement et soutenir des sociétés africaines inclusives et prospères. Cette approche nécessite de considérer les implications de l'IA au-delà des simples dimensions économiques. Cela nécessite d'évaluer de manière critique dans quelle mesure les cadres mondiaux de l'IA répondent aux défis particuliers que l'IA pose dans la région et d'élaborer des réponses politiques avec la participation d'un large éventail de parties prenantes, y compris des entrepreneurs locaux en matière de technologie et de données et des groupes et communautés de justice sociale qui peuvent être directement impliqués. affectés par les politiques d'IA » (Adams, 2022) .

BIBLIOGRAPHIE

A, G., Co, B., & O, L. (2007). The RAFT network : 5 years of distance continuing medical education and tele-consultations over the Internet in French-speaking Africa. *International Journal of Medical Informatics*, 76(5-6). <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2007.01.012>

A Survey of Deep Learning : Platforms, Applications and Emerging Research Trends | IEEE Journals & Magazine | IEEE Xplore. (s. d.). Consulté 26 octobre 2023, à l'adresse <https://ieeexplore.ieee.org/document/8351898>

Abba, S., Abba, H., & Leleu-Merviel, S. (2010). Afrique subsaharienne : Les implications de l'arrivée de la télémédecine dans les systèmes de santé nationaux. *ACFAS'2010, 78ème colloque international ACFAS, " Mutations des systèmes de santé et Communication entre organisations, professionnels, patients et Société civile*, 83-89. <https://hal.science/hal-03648244>

Accueil—Mboalab. <https://website-mboalab.vercel.app/>

Ada Health. (2023). In *Wikipédia*.

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Ada_Health&oldid=1177404750

Ada Health's Medical AI Solutions Now Available on Epic App Orchard. (s. d.). Ada. Consulté 4 octobre 2023, à l'adresse <https://ada.com/press/220315-ada-healths-medical-ai-solutions-now-available-on-epic-app-orchard/>

AFD - Agence française de développement (Réalisateur). (2021, mars 2). *Kenya—Flare, an emergency hotline*. https://www.youtube.com/watch?v=6_viuStFFcI

Afrique du Sud : Vula, une application d'e-santé conçue pour les professionnels de santé—We are Tech. (s. d.). Consulté 9 octobre 2023, à l'adresse <https://www.wearetech.africa/fr/fils/solutions/afrique-du-sud-vula-une-application-de-sante-concue-pour-les-professionnels-de-sante>

Afrique économie—L'intelligence artificielle au service de la médecine en Afrique. (2020, septembre 14). RFI. <https://www.rfi.fr/fr/podcasts/20200915-l-intelligence-artificielle-service-la-m%C3%A9decine-en-afrique>

Afya Pap : Manage Blood Pressure/ Diabetes with Telkom's first Health App – Kendesk Digital. (s. d.). Consulté 25 octobre 2023, à l'adresse <https://kendsk.co.ke/2018/11/16/afya-pap-manage-blood-pressure-diabetes-with-telkoms-first-health-app/>

AI in Medical Imaging : Leading the Way to Better Patient Care | NetApp. (s. d.). Consulté 7 octobre 2023, à l'adresse <https://www.netapp.com/pdf.html?item=/media/7408-na-424.pdf>

Améliorer le diagnostic de la typhoïde grâce à la science ouverte : Une technique basée sur l'intelligence artificielle | L'IRCAI. (s. d.). Consulté 22 novembre 2023, à l'adresse <https://ircai.org/top100/entry/improve-diagnostics-of-typhoid-through-open-science-an-artificial-intelligence-based-technique/>

Applications de l'apprentissage profond dans l'analyse d'images médicales | Revues et magazines de l'IEEE | IEEE Xplore. (s. d.). Consulté 23 octobre 2023, à l'adresse <https://ieeexplore.ieee.org/document/8241753>

Approche d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond pour l'analyse d'images médicales : Du diagnostic à la détection | SpringerLink (en anglais seulement). (s. d.). Consulté 23 octobre 2023, à l'adresse <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-022-14305-w>

Artificial Intelligence in Global Health : Defining a Collective Path Forward | Global Health. (2023, mai 26). U.S. Agency for International Development. <https://www.usaid.gov/cii/ai-in-global-health>

Atlani-Duault, L., & Vidal, L. (2013). Le moment de la santé globale. Formes, figures et agendas d'un miroir de l'aide internationale. *Revue Tiers Monde*, 215(3), 7-16. <https://doi.org/10.3917/rtm.215.0007>

Atlas des statistiques sanitaires africaines 2022 : Analyse de la situation sanitaire de la Région africaine - Rapport de synthèse. (2023, novembre 7). OMS | Bureau régional pour l'Afrique. <https://www.afro.who.int/fr/publications/atlas-des-statistiques-sanitaires-africaines-2022-analyse-de-la-situation-sanitaire-de>

AUDA-NEPAD's COVID-19 response plan aims to improve health access and protect economies. (2020, avril 22). Africa Renewal. <https://www.un.org/africarenewal/magazine/april-2020-special-focus-africa-and-covid-19/auda-nepad%E2%80%99s-covid-19-response-plan-aims>

Beneficial Bio—Affordable Research | Accelerating Impact. (s. d.). Beneficial.Bio. Consulté 22 novembre 2023, à l'adresse <https://beneficial.bio/>

Cameroon Node – Open Bioeconomy Lab. <https://openbioeconomy.org/team/cameroon-node/>

CaseStudy_Medic_Mobile_FR.pdf. (s. d.). Consulté 9 octobre 2023, à l'adresse https://digitalprinciples.org/wp-content/uploads/CaseStudy_Medic_Mobile_FR.pdf

(COVID-19) Le Nigeria utilise un outil de surveillance numérique pour signaler les cas de COVID-19—Xinhua | Actualités Chine & Afrique. http://french.xinhuanet.com/afrique/2020-08/18/c_139297661.htm

DD%20Kenya-V4-BD.pdf. (s. d.).

Déclaration_de_Windhoek_sur_l_intelligence_artificielle_en_Afrique_austral_Français.pdf. https://sarfai2022.org/assets/documents/D%C3%A9claration_de_Windhoek_sur_l_intelligence_artificielle_en_Afrique_austral_Fran%C3%A7ais.pdf

Des pénuries chroniques de personnel entravent les systèmes de santé en Afrique, d'après une étude de l'OMS. (2023, octobre 20). OMS | Bureau régional pour l'Afrique. <https://www.afro.who.int/fr/news/des-penuries-chroniques-de-personnel-entravent-les-systemes-de-sante-en-afrique-dapres-une>

Doctrine2020_2.3_interoperabilite_si_sante_concertation_v1.pdf. https://esante.gouv.fr/sites/default/files/media_entity/documents/doctrine2020_2.3_interoperabilite_si_sante_concertation_v1.pdf

Données numériques de santé : Quels enjeux pour quel progrès médical ? | vie-publique.fr. (2023, juin 6). <http://www.vie-publique.fr/eclairage/289281-donnees-numeriques-de-sante-quels-enjeux-pour-quel-progres-medical>

<https://eduscol.education.fr/document/22942/download>

Dr CADx Company Profile : Valuation, Funding & Investors | PitchBook. <https://pitchbook.com/profiles/company/458185-24>

Ecofin, A. (s. d.). *Ouganda : L'Université de Makerere installe une classe intelligente pour améliorer l'apprentissage des étudiants.* Agence Ecofin. Consulté 10 novembre 2023, à

l'adresse <https://www.agenceecofin.com/formation/1309-101112-ouganda-l-universite-de-makerere-installe-une-classe-intelligente-pour-ameliorer-l-apprentissage-des-etudiants>

Editor. (2023, octobre 20). *Sur Google*. <https://www.africa.com/5-ways-google-health-is-using-ai-in-africa/>

Emilia Vynnycky and Richard G White. An introduction to infectious disease modelling. | European Journal of Public Health | Oxford Academic. (s. d.). Consulté 26 octobre 2023, à l'adresse <https://academic.oup.com/eurpub/article/22/2/295/509201>

Empowering African AI at Deep Learning Indaba 2023 | InstaDeep—Decision-Making AI For The Enterprise. (2023, septembre 26). InstaDeep. <https://www.instadeep.com/2023/09/empowering-african-ai-at-deep-learning-indaba-2023/>

EpiMap : Développement d'une carte en ligne & hors ligne pour faciliter le suivi épidémiologique sur le terrain | CartONG. <https://www.cartong.org/fr/news/epimap-developpement-suivi-%C3%A9pid%C3%A9miologique>

Esanté startup afya rekord kenya John Kamara. <https://afrique.latribune.fr/africa-tech/startups/2022-02-03/e-sante-afya-rekod-leve-2-millions-de-dollars-pour-son-developpement-sur-le-continent-903307.html>

Éthique de l'intelligence artificielle | UNESCO. <https://www.unesco.org/fr/artificial-intelligence/recommendation-ethics>

GitHub—Mboalab/Open-Diseases-Screener-App. GitHub. <https://github.com/Mboalab/Open-Diseases-Screener-App>

Hazlegreaves, S. (2019, octobre 1). DeepHealth project : Deep-learning and HPC to boost biomedical applications for health. *Open Access Government.* <https://www.openaccessgovernment.org/biomedical-applications-for-health/74475/>

Histoire de l'intelligence artificielle. (2023). In *Wikipédia.* https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Histoire_de_l%27intelligence_artificielle&oldid=208312697

Histoire de l'intelligence artificielle—Intelligence artificielle—Www.coe.int. Intelligence artificielle. <https://www.coe.int/fr/web/artificial-intelligence/history-of-ai>

Home | InstaDeep—Decision-Making AI For The Enterprise InstaDeep
<https://www.instadeep.com/>

Intelligence artificielle : 193 pays adoptent le premier accord sur l'éthique de l'IA (UNESCO)
/ *ONU Info*. <https://news.un.org/fr/story/2021/11/1109412>

Intelligence artificielle : Définition et utilisations | *NetApp*.
<https://www.netapp.com/fr/artificial-intelligence/what-is-artificial-intelligence/>

Intelligence artificielle en médecine : Cas d'usage. (2017, octobre 11). *Microsoft experiences*.
<https://experiences.microsoft.fr/articles/intelligence-artificielle/intelligence-artificielle-medecine/>

Intelligence artificielle et santé · Inserm, La science pour la santé. (s. d.). Inserm. Consulté 9 octobre 2023, à l'adresse <https://www.inserm.fr/dossier/intelligence-artificielle-et-sante/>

Intelligence artificielle (IA) pour le développement en Afrique | CRDI - Centre de recherches pour le développement international. <https://idrc-crدي.ca/fr/initiative/intelligence-artificielle-ia-pour-le-developpement-en-afrique>

Intelligence artificielle : Limiter les risques et maximiser les opportunités pour la santé (OMS)
/ *ONU Info*. (2021, juin 29). <https://news.un.org/fr/story/2021/06/1099252>

Intelligence artificielle : Où en est l'Afrique ? (2023, mai 15). *Le Point*.
https://www.lepoint.fr/afrique/intelligence-artificielle-ou-en-est-l-afrique-15-05-2023-2520202_3826.php

Intelligence Artificielle pour le Développement—AI4D Africa. <https://africa.ai4d.ai/fr/>

Jurafsky, D., & Martin, J. (2008a). *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition* (Vol. 2).

Kamnitsas, K., Ledig, C., Newcombe, V., Simpson, J., Kane, A., Menon, D., Rueckert, D., & Glocker, B. (2017). *Efficient multi-scale 3D CNN with fully connected CRF for accurate brain lesion segmentation*. <https://doi.org/10.17863/CAM.6936>

L, B. (s. d.). *Une IA avait prédit le coronavirus de Wuhan bien avant l'OMS*.
<https://www.lebigdata.fr/bluedot-ia-coronavirus-wuhan>

Le conseil santé - Télémédecine : Que peut-elle apporter au continent africain ? (2018, juillet 3). RFI. <https://www.rfi.fr/fr/emission/20180703-telemedecine-peut-elle-apporter-continent-africain>

Les défis de la santé en Afrique: Quel rôle pour le numérique ? | Programme De Développement Des Nations Unies. <https://www.undp.org/fr/blog/les-defis-de-la-sante-en-afrique-quel-role-pour-le-numerique>

Les inégalités sociales et territoriales de santé. <https://www.santepubliquefrance.fr/les-inegalites-sociales-et-territoriales-de-sante>

Lexing. (2020, juillet 15). L'IA et la santé : Quels enjeux juridiques et éthiques ? *Lexing Alain Bensoussan Avocats.* <https://www.alain-bensoussan.com/avocats/la-et-la-sante-quels-enjeux-juridiques-et-ethiques/2020/07/15/>

L'intelligence artificielle au service de la médecine en Afrique. (2020, septembre 15). *Journal Universitaire.* <https://www.journaluniversitaire.com/intelligence-artificielle-medecine/>

« L'intelligence artificielle risque d'aggraver les inégalités de santé ». (2023, septembre 8). *La Croix.* <https://www.la-croix.com/debat/Lintelligence-artificielle-risque-daggraver-inegalites-sante-2023-09-08-1201281959>

L'OMS publie le premier rapport mondial sur l'intelligence artificielle (IA) appliquée à la santé et six principes directeurs relatifs à sa conception et à son utilisation. <https://www.who.int/fr/news/item/28-06-2021-who-issues-first-global-report-on-ai-in-health-and-six-guiding-principles-for-its-design-and-use>

Mag, T. I. C. (2017, mars 27). E-santé : Le Maroc, le Cameroun et l'Afrique du Sud optent pour l'intelligence artificielle SOPHiA. *Digital Business Africa.* <https://www.digitalbusiness.africa/e-sante-maroc-cameroun-lafrique-sud-optent-lintelligence-artificielle-sophia/>

Mars, M. (2013). Telemedicine and Advances in Urban and Rural Healthcare Delivery in Africa. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 56(3), 326-335. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2013.10.006>

Mboalab—Artificial Intelligence For Public Health (AI4PH)—Program. (s. d.). <https://doi.org/10.5281/zenodo.7879392>

Medic. (s. d.). Medic <https://medic.org/>

M-Pedigree, des SMS pour lutter contre la contrefaçon de médicaments ! | Wydden—Formation Marketing Digital et Growth 🚀. (2015, décembre 15). <https://wydden.com/m-pedigree-startup/>

M-PEDIGREE, L'APPLICATION GHANÉENNE QUI DÉTECTE LES MÉDICAMENTS CONTREFAITS. (2016, janvier 17). *itmanagementinafrica*. <https://itmanagementinafrica.wordpress.com/2016/01/17/m-pedigree-lapplication-ghaneenne-qui-detecte-les-medicaments-contrefaits/>

Mugure, S. (2023, juillet 31). *Faire progresser l'ouverture et la responsabilité : Réflexions sur la conférence Africa AI - Première partie | Intelligence Artificielle pour le Développement — AI4D Africa.* Artificial Intelligence for Development — AI4D Africa. <https://africa.ai4d.ai/fr/blog/advancing-openness-and-responsibility-reflections-from-the-africa-ai-conference-part-one/>

Mutangadura, G., Gauci, A., Armah, B., & Woldemariam, E. (s. d.). *Inégalités dans l'accès aux services de santé pour une sélection de pays d'Afrique : Situation et conséquences pour la politique publique.*

Nature_skincancer.pdf. https://www.andreesteva.com/assets/nature_skincancer.pdf

Newsroom, A. G.-A., & mPharma. (2022, juillet 1). *mPharma lance une plateforme d'analyse de données pour aider les pharmacies africaines à prendre des décisions.* <https://www.africa-newsroom.com/press/mpharma-launches-datadriven-insights-platform-to-empower-african-pharmacies-in-decision-making>

Nightingale : Quand Google accède aux données de santé des hôpitaux américains— L'INFORMATICIEN & L'INFO CYBER-RISQUES - L'IFO Tech par L'Informaticien— L'INFORMATICIEN - L'IFO Tech par L'Informaticien <https://www.linformaticien.com/magazine/tendances/52467-60nightingale-quand-google-accede-aux-donnees-de-sante-des-hopitaux-americains.html>

« *Nightingale* » : *Quand Google fait la chasse aux données médicales*. (2019, novembre 12). Le Point. https://www.lepoint.fr/high-tech-internet/nightingale-quand-google-fait-la-chasse-aux-donnees-medicales-12-11-2019-2346666_47.php

Nisa, S. Q., Ismail, A. R., Ali, M. A. B. M., & Khan, M. S. (2020). Medical Image Analysis using Deep Learning : A Review. *2020 IEEE 7th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, 1-3. <https://doi.org/10.1109/ICETAS51660.2020.9484287>

numeum (Réalisateur). (2017, mars 31). *Comment la télémédecine révolutionne les parcours de santé ?* <https://www.youtube.com/watch?v=QhpXXcffX5k>

O’Leary, T. J., Tellado, M., Buckner, S.-B., Ali, I. S., Stevens, A., & Ollayos, C. W. (1998). PAPANET-Assisted Rescreening of Cervical Smears Cost and Accuracy Compared With a 100% Manual Rescreening Strategy. *JAMA*, 279(3), 235-237. <https://doi.org/10.1001/jama.279.3.235>

Owoyemi, A., Owoyemi, J., Osiyemi, A., & Boyd, A. (2020a). Artificial Intelligence for Healthcare in Africa. *Frontiers in Digital Health*, 2. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2020.00006>

Owoyemi, A., Owoyemi, J., Osiyemi, A., & Boyd, A. (2020b). Artificial Intelligence for Healthcare in Africa. *Frontiers in Digital Health*, 2. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2020.00006>

Pourquoi l’utilisation de l’intelligence artificielle dans les soins de santé devrait-elle être réglementée ? <https://www.unisa.ac.za/sites/corporate/default/Research-&-Innovation/News-&-events/Articles/Why-the-use-of-artificial-intelligence-in-healthcare-should-be-regulated>

Project, B. (2018, octobre 29). AI in African Healthcare Revolutionizing the Industry. *The Borgen Project*. <https://borgenproject.org/ai-in-african-healthcare-revolutionizing-the-industry/>

Public Health Consulting | World Class Health Consultancy Services. <https://epiafric.com/>

Qualité et utilisation des données—DHIS2 Documentation. <https://docs.dhis2.org/fr/implement/chis-implementation/data-quality-and-use.html>

Quatre applications de l'IA dans le domaine de la santé | Philips Healthcare.
<https://www.philips.fr/healthcare/nobounds/four-applications-of-ai-in-healthcare>

Sabharwal, A., & Selman, B. (2011). S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence : A Modern Approach*, Third Edition. *Artif. Intell.*, 175, 935-937.
<https://doi.org/10.1016/j.artint.2011.01.005>

Santé globale. (2023). In *Wikipédia.*
https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Sant%C3%A9_globale&oldid=204029516

Santé globale | CIUSSSCN. <https://www.ciusss-capitalnationale.gouv.qc.ca/sante-publique/a-propos/etat-sante-population/sante-globale>

Secure medical chat & patient referrals | Vula mobile. (s. d.). Vula - Secure Medical Chat.
<https://www.vulamobile.com>

Shen, D., Wu, G., & Suk, H.-I. (2017). Deep Learning in Medical Image Analysis. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 19, 221-248. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-071516-044442>

Stahl, B. C., Antoniou, J., Bhalla, N., Brooks, L., Jansen, P., Lindqvist, B., Kirichenko, A., Marchal, S., Rodrigues, R., Santiago, N., Warso, Z., & Wright, D. (2023). A systematic review of artificial intelligence impact assessments. *Artificial Intelligence Review*, 56(11), 12799-12831. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10420-8>

Surveillance des maladies chroniques | INSPQ. (s. d.). Institut national de santé publique du Québec. <https://www.inspq.qc.ca/surveillance-des-maladies-chroniques>

Surveiller et alerter. (2022, février 23). Anses - Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail. <https://www.anses.fr/fr/content/surveiller-et-alerter>

Technologies web de crowdsourcing, de détection citoyenne et de capteurs pour la surveillance de la santé publique et environnementale et la gestion de crise : Tendances, normes OGC et exemples d'application | Revue internationale de géographie de la santé.
<https://link.springer.com/article/10.1186/1476-072X-10-67/>

Telemedicine : Opportunities and developments in Member State. (2023, octobre 25). WHO | Regional Office for Africa. <https://www.afro.who.int/publications/telemedicine-opportunities-and-developments-member-state>

The Epidemic Intelligence from Open Sources Initiative. <https://www.who.int/initiatives/eios>

Topol, E. J. (2019). High-performance medicine : The convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*, 25(1), 44-56. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0300-7>

Un rapport de l’OMS montre que la mauvaise qualité des prestations menace les acquis dans le domaine de la santé en Afrique. (2023, novembre 7). OMS | Bureau régional pour l’Afrique. <https://www.afro.who.int/fr/news/un-rapport-de-loms-montre-que-la-mauvaise-qualite-des-prestations-menace-les-acquis-dans-le>

Un tournant pour les systèmes de santé africains ? (2020, septembre 29). AfriqueRenouveau. <https://www.un.org/africarenewal/fr/magazine/septembre-2020/un-tournant-pour-les-syst%C3%A8mes-de-sant%C3%A9-africains>

Vonintsoa. (2022, avril 12). *IBM Watson : Tout savoir sur la plateforme cognitive.* INTELLIGENCE-ARTIFICIELLE.COM. <https://intelligence-artificielle.com/ibm-watson-guide-complet/>

Vula Mobile | DRK Foundation | Supporting passionate, high impact social enterprises <https://www.drkfoundation.org/organization/vula-mobile/>

Welcome to Peek Vision. (2018, janvier 29). Peek Vision. <https://peekvision.org/>

WHO Health Alert brings COVID-19 facts to billions via WhatsApp <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/who-health-alert-brings-covid-19-facts-to-billions-via-whatsapp>

ANNEXES

A. Glossaire des termes techniques.

- **Intelligence artificielle (IA)** : un domaine multidisciplinaire de l'informatique qui vise à créer des systèmes et des machines capables d'accomplir des tâches qui nécessitent normalement l'intelligence humaine.
- **Machine learning** : une branche de l'IA qui consiste à utiliser des données pour apprendre et s'améliorer sans être explicitement programmés.
- **Deep learning** : une technique d'apprentissage automatique qui utilise des réseaux de neurones artificiels profonds pour traiter des données complexes et non structurées.
- **Réseaux de neurones artificiels** : des modèles mathématiques inspirés du fonctionnement du cerveau humain, composés de couches de nœuds (neurones) interconnectés qui transmettent et transforment des informations.
- **Traitement du langage naturel (NLP)** : la capacité d'un système informatique à comprendre et à générer du langage humain (langage naturel) tel qu'il est parlé et écrit.
- **Systèmes experts** : des programmes informatiques qui utilisent l'IA pour simuler le jugement et les comportements humains ou organisationnels avec une expertise et une expérience dans un domaine donné.
- **Apprentissage par transfert** : une technique d'apprentissage automatique qui consiste à utiliser des modèles pré-entraînés sur des données génériques et à les affiner pour des tâches spécifiques.
- **PNL multimodale** : la PNL qui intègre le texte à d'autres modalités telles que les images, l'audio et la vidéo.
- **IA conversationnelle et systèmes de dialogue** : la PNL qui permet le développement d'une IA capable de s'engager dans des interactions naturelles et semblables à celles des humains.
- **Santé globale** : un domaine qui vise à améliorer la santé et le bien-être des populations du monde entier, en tenant compte des déterminants sociaux, économiques, environnementaux et politiques de la santé.

- **Santé numérique** : l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) pour améliorer l'accès, la qualité et l'efficacité des services de santé.
- **Télémédecine** : la pratique de la médecine à distance, grâce à des dispositifs et des applications numériques, qui permettent de réaliser des consultations, des diagnostics, des prescriptions ou des suivis médicaux.
- **Big data** : l'ensemble des données massives, variées et complexes, produites à grande vitesse par diverses sources, qui nécessitent des outils spécifiques pour leur stockage, leur analyse et leur exploitation.
- **Données de santé** : les informations relatives à l'état de santé physique ou mentale d'une personne, à la prévention, au diagnostic ou au traitement d'une maladie, ou à la fourniture de soins de santé.
- **Interprétabilité** : la capacité à expliquer le fonctionnement et le raisonnement d'un système d'IA, notamment les résultats et les décisions qu'il produit, de manière compréhensible pour les humains.
- **Éthique** : la réflexion sur les valeurs, les principes et les normes qui guident les actions humaines, notamment dans le domaine de l'IA et de la santé, en tenant compte des enjeux sociaux, juridiques et moraux.

TABLE DES MATIERES

SOMMAIRE	ii
DÉDICACE	iii
REMERCIEMENTS	iv
LISTE DES SIGLES ET ABRÉVIATIONS	v
RÉSUMÉ	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
1. Comprendre l'État Actuel de l'IA en Santé en Afrique :	4
2. Évaluer les Défis et Risques Associés à l'IA en Santé en Afrique :	4
3. Proposer des Orientations pour un Déploiement Éthique et Responsable :	4
PREMIÈRE PARTIE : REVUE DE LA LITTÉRATURE	6
Chapitre 1 : LES FONDEMENTS DE L'IA	7
I. Histoire de l'IA	7
II. Domaines de l'IA.....	8
1. L'apprentissage en profondeur (Deep Learning).....	8
a. Concepts fondamentaux du Deep Learning	8
b. Techniques et architectures de base :	9
c. Domaines d'application du Deep Learning :	9
d. Considérations éthiques et équité :	10
e. Défis et futures frontières :	10
1. L'Apprentissage automatique (Machine learning)	11
a. Concepts fondamentaux :	12
b. Techniques et algorithmes :	12
c. Applications de l'apprentissage automatique :	13
d. Défis et orientations futures :	13

2.	Traitement du langage naturel (NLP) :.....	14
a.	Composants clés de la PNL :.....	15
b.	Applications de la PNL	16
c.	Avancées en PNL.....	16
d.	Considérations et défis	17
3.	Systèmes experts	18
a.	Les composants d'un système expert :.....	19
b.	Types de systèmes experts :.....	20
Chapitre 2 : un aperçu des promesses de l'IA		21
III.	Promesses.....	22
1.	Emploi	23
2.	La sécurité alimentaire	23
3.	Énergie.....	24
IV.	Champs d'applications de l'IA	26
1.	L'IA utilisée dans la banque et la finance	26
2.	L'IA appliquée à l'industrie.....	27
3.	L'IA utilisée en sécurité	27
4.	L'intelligence artificielle utilisée dans le secteur des transports	28
4.	IA utilisée dans le commerce et les services	28
5.	Commerce électronique.....	29
6.	L'IA dans l'éducation	30
7.	L'IA dans le secteur des transports	31
DEUXIÈME PARTIE : PROBLÉMATIQUE		34
Chapitre 3 : IA, santé Globale		36
V.	I. Santé Globale : Un Cadre Conceptuel	36
1.	Dimensions de la Santé Globale.....	37
a)	Dimension Transnationale	37

b)	Dimension Sociale de la Santé Globale.....	37
c)	Dimension Économique	38
d)	Dimension Environnementale	38
e)	Implications Pratiques	38
2.	Enjeux et Défis de la santé globale	38
a)	Tournant Sécuritaire.....	38
b)	Participation aux Politiques Néolibérales.....	39
c)	Agenda du Néolibéralisme	39
d)	Réflexion sur l'Avenir	39
e)	Perspectives Critiques.....	39
3.	Élaboration du cadre de la recherche pour la justice en santé.....	40
VI.	4. Élargissement vers la Recherche sur les Systèmes de Santé	41
VII.	II. L'intersection IA et Santé globale	43
1.	Historique de l'IA en santé globale.....	43
	Chapitre 4 : Défis liés à l'adoption de l'IA en Afrique.....	45
1.	Evolution de l'IA sur le continent africain.....	45
2.	Infrastructures et contraintes technologiques.	47
3.	Enjeux éthiques, réglementaires et de confidentialité des données.	49
4.	Formation et éducation nécessaires pour utiliser l'IA dans le domaine de la santé	50
5.	Inégalités dans l'Accès à l'IA en Santé : Comment les inégalités socio-économiques peuvent-elles affecter l'accès à l'IA en santé ?	51
6.	Incertitudes	53
7.	Manque d'écosystème de données structurées	53
8.	Manque de politiques gouvernementales pertinentes.....	54
8.	Attitudes des utilisateurs	55
	TROISIÈME PARTIE : Méthodologie	56
	Chapitre 5 : positionnement Epistémologique	57

I.	Approche de recherche	57
1.	Approche quantitative	57
2.	L'approche qualitative	58
II.	Hypothèses philosophiques	63
	CHAPITRE 6 : Design de recherche.....	74
1.	Objectifs de la Recherche :.....	74
9.	Type de Recherche : Étude de cas qualitative.	74
1.	Méthodologie	74
2.	Présentation du cas	74
3.	Plan d'Analyse	75
4.	Analyse critique.....	75
5.	Conclusion.....	75
6.	Etude de cas proprement dit	75
7.	Analyse critique des leçons apprises, des défis et des opportunités.....	77
8.	Études de cas généralistes sur les initiatives de télémédecine en Afrique.	79
	QUATRIÈME PARTIE : Résultats et interprétations.....	89
	Chapitre 7 : Etat de la recherche sur l'ia appliquée à la santé globale	90
I.	Diagnostic assisté par IA.....	91
1.	Utilisation de l'IA dans l'Interprétation des Images Médicales	91
2.	Réduction des Délais de Diagnostic	92
3.	Diagnostic de Maladies Infectieuses	92
4.	Accessibilité aux Soins de Qualité	92
II.	Prévention des maladies et surveillance épidémiologique.....	93
1.	Prédiction des Éclotions Épidémiques.....	93
2.	Surveillance Épidémiologique en Temps Réel.....	93
3.	Suivi des Tendances de Santé.....	95
4.	Modélisation de la Propagation des Maladies.....	96

5.	Prévention des Maladies Non Transmissibles	96
6.	Modélisation de l'Impact des Interventions de Santé	97
III.	Systèmes de gestion et d'information des dossiers médicaux grâce à l'IA	99
2.	État Actuel des Dossiers Médicaux en Afrique	99
3.	L'IA comme Solution pour la Gestion des Dossiers Médicaux ?	101
4.	Avantages des DME basés sur l'IA.....	102
IV.	Systèmes de Gestion des Soins de Santé basés sur l'IA.....	103
1.	Révolution des Systèmes de Gestion des Soins de Santé.....	103
2.	Suivi des Patients et Prévention des Maladies	105
5.	Personnalisation des Soins	106
V.	Télémédecine et IA - Comment l'IA facilite-t-elle la prestation de soins de santé dans les régions éloignées ?.....	107
1.	Consultations Médicales en Ligne	108
2.	Surveillance des Signes Vitaux à Distance.....	108
3.	Réduction des Temps d'Attente	108
4.	Extension de la Portée des Soins de Santé	108
6.	Formation Médicale en Ligne	109
VI.	Formation et renforcement des compétences médicales.....	109
1.	Facilitation de l'Enseignement et de l'Apprentissage.....	109
2.	Stimulation de l'Innovation et de la Recherche Médicales.....	110
VII.	Gestion des Données de Santé : Enjeux de sécurité et de confidentialité des données	112
1.	Qu'est-ce la donnée de santé ?	112
2.	Protection des Données de Santé	113
3.	Risques de Sécurité	113
4.	Consentement et Confidentialité	113
5.	Anonymisation des Données	113
6.	Formation et Sensibilisation.....	113

7. Audit et Surveillance	114
VIII. Innovations technologiques en cours de développement	115
CONCLUSION : PERSPECTIVES ET RECOMMANDATIONS FUTURES POUR LE CAMEROUN.....	120
RECOMMANDATIONS POUR L'ADOPTION ACCRUE ET L'OPTIMISATION DE L'IA EN SANTÉ AU CAMEROUN.	
BIBLIOGRAPHIE	128
ANNEXES.....	138
TABLE DES MATIERES.....	140