

THEME :

**CONCEPTION D'UNE APPLICATION  
D'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE  
POUR LA DETECTION DE  
L'HYPERTENSION ARTERIELLE**

Rapport de Stage en vue de l'obtention du diplôme de :  
**Bachelor en Intelligence Artificielle et Big data**

Présenté par :

**JIOZANG DE KAMENI Roxane Serenna**

Encadreur Académique :  
**M. ABDOURAMAN Dalil**

Encadreur Professionnel :  
**Dr HAOUA Farida Oumarou**

Yaoundé, Cameroun

**Année Académique : 2023 - 2024**

## RESUME

Dans le contexte actuel de révolution numérique et médicale, cette étude vise à intégrer l'intelligence artificielle (IA) pour améliorer la détection précoce et le suivi de l'hypertension artérielle (HTA) au Cameroun. Réalisée à la Direction de la Lutte contre la Maladie, les Épidémies et les Pandémies (DLCMEP) du Ministère de la Santé Publique, le projet ambitionne de concevoir un chatbot intelligent utilisant les avancées du deep learning et du machine learning. L'objectif est de combiner l'expertise médicale locale avec les capacités de l'IA pour développer un outil de diagnostic et de suivi avancé et efficace.

Les résultats obtenus lors des phases de test et de validation sont prometteurs, montrant une amélioration significative dans la détection précoce et le suivi de l'HTA. Cette étude ne se contente pas de proposer un outil technologique avancé, mais elle ouvre également des discussions sur l'éthique de l'utilisation de l'IA dans le domaine médical. En conclusion, cette recherche apporte une contribution significative à la fois à la médecine et à l'IA, constituant une étape importante vers l'amélioration des soins de santé grâce à la synergie entre les connaissances médicales et les avancées technologiques.

**Mots Clés** : Hypertension Artérielle (HTA), Intelligence Artificielle (IA), Deep Learning, Machine Learning, Détection Précoce, Suivi Médical, Chatbot Intelligent, Santé Publique, Prédiction des Risques, Recommandations Personnalisées.

## ABSTRACT

In the current context of digital and medical revolution, this study aims to integrate artificial intelligence (AI) to improve early detection and monitoring of hypertension (HTA) in Cameroon. Carried out at the Directorate of Disease Control, Epidemics and Pandemics (DLCMEP) of the Ministry of Public Health, the project aims to design an intelligent chatbot using the advances of deep learning and machine learning. The objective is to combine local medical expertise with the capabilities of AI to develop an advanced and effective diagnostic and monitoring tool.

The results obtained during the testing and validation phases are promising, showing a significant improvement in the early detection and monitoring of HTA. This study not only proposes an advanced technological tool, but also opens up discussions on the ethics of using AI in the medical field. In conclusion, this research makes a significant contribution to both medicine and AI, constituting an important step towards improving healthcare through the synergy between medical knowledge and technological advances.

**Keywords** : Hypertension (HTA), Artificial Intelligence (AI), Deep Learning, Machine Learning, Early Detection, Medical Monitoring, Intelligent Chatbot, Public Health, Risk Prediction, Personalized Recommendations

## SOMMAIRE

|  |     |
|--|-----|
| RESUME.....  | I   |
| ABSTRACT.....  | II  |
| LISTES DES ABREVIATIONS.....   | V   |
| INTRODUCTION GENERALE.....   | 1   |
| 1. CONTEXTE D'ETUDE.....   | 1   |
| 2. PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE.....   | 3   |
| 3. HYPOTHESE DE L'ETUDE.....   | 4   |
| 4. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....   | 4   |
| 5. JUSTIFICATION DE L'ETUDE.....   | 5   |
| 6. DELIMITATION DE L'ETUDE.....  | 5   |
| 7. PLAN DU RAPPORT.....  | 6   |
| CHAPITRE I : CADRE CONCEPTUEL ET THÉORIQUE.....  | 8   |
| INTRODUCTION.....  | 9   |
| 1. CADRE THEORIQUE ET ETAT DE L'ART.....   | 9   |
| 2. DEFINITIONS CONCEPTUELLES.....  | 12  |
| 3. ÉVOLUTION HISTORIQUE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN MEDECINE.....                                    | 14  |
| 4. CONSIDERATIONS JURIDIQUES ET REGLEMENTAIRES DE L'IA DANS LES SOINS DE SANTE ...                         | 16  |
| CONCLUSION.....  | 17  |
| CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE RECHERCHE.....   | 18  |
| INTRODUCTION.....  | 19  |
| 1. NATURE DE L'ETUDE.....  | 19  |
| 2. VARIABLES DE L'ETUDE.....   | 19  |
| 3. ECHANTILLONAGE ET COLLECTE DE DONNEES.....  | 21  |
| 4. OUTILS DE L'ETUDE.....  | 22  |
| CONCLUSION.....  | 23  |
| CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA DLMP ET DES DONNEES COLLECTEES.....                                      | 24  |
| INTRODUCTION.....  | 25  |
| 1. PRÉSENTATION DE LA DIRECTION DE LA LUTTE CONTRE LA MALADIE, LES ÉPIDÉMIES ET LES PANDÉMIES (DLMEP)..... | 25  |
| 2. DONNÉES COLLECTÉES.....   | 27  |
| CONCLUSION.....  | 30  |
| CHAPITRE IV : ANALYSE ET DIAGNOSTIC DE LA SITUATION ET PROPOSITION D'INTERVENTION.....                     | 31  |
| INTRODUCTION.....  | 32  |
| 1. PRESENTATION ET ANALYSE DE LA SITUATION.....  | 32  |
| 2. INTERVENTION PROPOSÉE ET JUSTIFICATION.....   | 32  |
| 3. OBJECTIFS DE L'INTERVENTION - PROJET ENVISAGE :.....  | 33  |
| 4. COMPOSANTES DE L'INTERVENTION ENVISAGEE :.....  | 34  |
| 5. STRATEGIE D'ACTION ET CONTENU :.....  | 34  |
| 6. ETUDE DE FAISABILITE.....   | 41  |
| CONCLUSION.....  | 43  |
| CONCLUSION GENERALE.....   | 44  |
| REFERENCES WEBOGRAPHIQUES :.....   | VI  |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :.....   | VII |

## LISTES DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure 1:Graphique à barres démontrant la prévalence de l'hypertension par groupe d'âge..... | 2  |
| Figure 2:Intelligence Artificielle, ses composants et la data science .....                  | 13 |
| Figure 3: Fonctionnement d'un Réseau de neurones convolutionnels .....                       | 14 |
| Figure 4: Localisation google maps de la DLMEP/MINSANTE .....                                | 26 |
| Figure 5: Organigramme simplifié du DLMEP/MINSANTE.....                                      | 27 |
| Figure 6 : Visualisation des données de Kaggle utilisés .....                                | 29 |
| Figure 7: Extrait du dataset utilisé.....  | 35 |
| Figure 8: Traitement des données NaN.....  | 35 |
| Figure 9: Comparaison des models avec Pycaret.....   | 36 |
| Figure 10: Fonctionnement du Random Forest.....  | 37 |
| Figure 11: Extrait de le banque d'imagerie médicale .....                                    | 38 |
| Figure 12: Logo de TensiCheck .....  | 39 |
| Figure 13: Extrait de l'interface d'accueil de TensiCheck .....                              | 40 |
| Figure 14: Extrait du code streamlit du chat bot .....                                       | 40 |
| Figure 15: Extrait de l'interface de TensiChat.....  | 41 |

## LISTES DES ABREVIATIONS

- ❖ IA : Intelligence Artificielle
- ❖ ML: Machine Learning
- ❖ DL: Deep Learning
- ❖ HTA : Hypertension Artérielle
- ❖ SDLMCNT : Sous-Direction de la lutte contre les Maladies Chroniques Non-Transmissibles
- ❖ DLMEP ; Direction de la Lutte contre les maladies, les Epidémies et les Pandémies
- ❖ OMS : Organisation Mondiale de la Santé
- ❖ API: Application Programming Interface
- ❖ ReLU : Unités Rectifié Linéaires
- ❖ CNN ou Conv : Convolutional Neural Network, Réseau de neurones convolutif

## INTRODUCTION GENERALE

La prévalence de l'hypertension artérielle (HTA) au Cameroun a suscité un besoin urgent d'amélioration dans sa détection et son suivi. Afin de répondre à ce défi de santé publique, j'ai réalisé un stage académique à la Direction de la Lutte contre la Maladie, les Épidémies et les Pandémies au Ministère de la Santé du Cameroun, sous la supervision de mes encadreurs académique et professionnel. Mon travail consistait à proposer et à concevoir un projet d'intelligence artificielle validé par mes deux encadrants.

Ce projet, à l'intersection de la médecine et de l'intelligence artificielle, avait pour thème : **"Conception d'une application d'intelligence artificielle pour la détection de l'hypertension artérielle"**. L'objectif principal était de développer une solution pratique utilisant le deep learning et le machine learning pour améliorer la détection et le suivi de l'hypertension artérielle. Plus précisément, nous avons conçu et développé un chatbot intelligent capable de surveiller continuellement les signes vitaux des patients, de prédire les risques d'hypertension et de fournir des recommandations personnalisées de traitement et de suivi.

Ce projet est né de la nécessité d'améliorer la prise en charge de l'hypertension artérielle au Cameroun, un pays où les maladies cardiovasculaires sont en constante augmentation. La combinaison de l'intelligence artificielle et des connaissances médicales représente une avancée significative pour la santé publique, permettant une surveillance plus précise et une intervention plus rapide. Mon expérience de stage a donc non seulement renforcé mes compétences techniques, mais aussi mis en lumière l'impact potentiellement transformateur de l'IA dans le domaine de la santé

### 1. CONTEXTE D'ETUDE

L'hypertension artérielle (HTA) est un problème de santé majeur qui affecte des millions de personnes dans le monde entier. Elle est souvent qualifiée de "tueur silencieux" en raison de son absence de symptômes évidents et de ses conséquences graves sur la santé. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), environ 1,13 milliard de personnes dans le monde souffrent d'hypertension artérielle, et ce nombre continue de croître (Organisation Mondiale de la santé, *Global status report on noncommunicable diseases 2022*, 2022.).

L'hypertension est responsable de près de 7,5 millions de décès chaque année, ce qui représente environ 12,8 % de l'ensemble des décès dans le monde. La prévalence de l'hypertension est plus élevée dans les pays à revenu faible et intermédiaire, où deux adultes sur trois souffrent de cette condition. Seulement environ 20 % des personnes hypertendues ont leur pression artérielle sous contrôle.

Le Cameroun n'est pas épargné par cette épidémie mondiale. la prévalence de l'HTA chez les adultes camerounais est estimée à environ 30 %. Environ 33,3 % des décès liés aux maladies non transmissibles sont attribués à l'hypertension. Moins de 15 % des personnes hypertendues au Cameroun ont leur pression artérielle bien contrôlée (Organisation mondiale de la Santé. *Profil de pays pour les maladies non transmissibles : Cameroun, 2021*). Le manque de ressources, le faible accès aux soins de santé et la sensibilisation limitée sont des défis majeurs dans la gestion de l'hypertension au Cameroun.

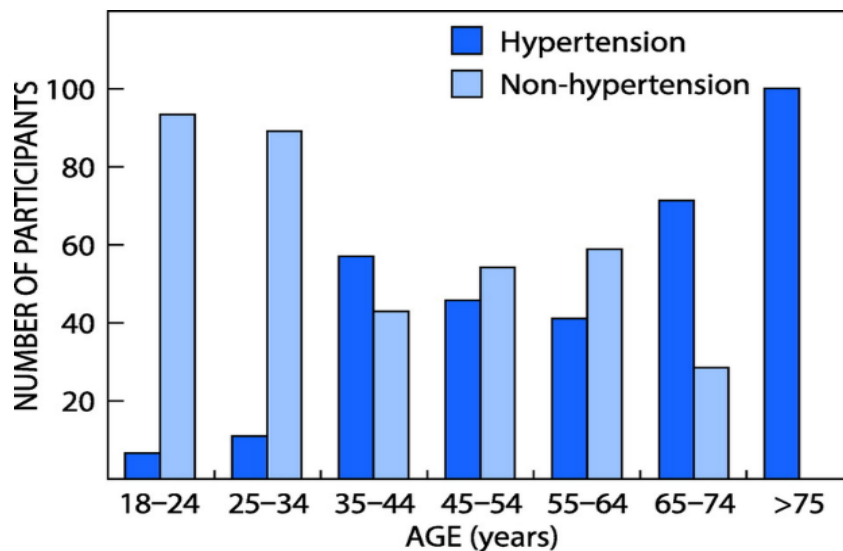


Figure 1: Graphique à barres démontrant la prévalence de l'hypertension par groupe d'âge

La détection précoce et le suivi régulier de l'hypertension sont cruciaux pour prévenir les complications graves telles que les maladies cardiovasculaires, les accidents vasculaires cérébraux et les insuffisances rénales. L'utilisation de technologies avancées comme l'intelligence artificielle (IA) peut jouer un rôle clé dans l'amélioration de ces processus. L'intégration de l'IA dans les systèmes de santé permet une analyse prédictive des données de santé pour identifier les personnes à risque avant l'apparition des symptômes cliniques. Elle permet également une surveillance continue et en temps réel des signes vitaux grâce à des dispositifs portables, ainsi qu'une personnalisation des plans de traitement et de suivi basée sur les caractéristiques individuelles des patients. En somme, l'utilisation de l'IA pour la détection précoce et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun représente une

Opportunité significative pour améliorer la santé publique et réduire les taux de mortalité associés à cette maladie. Les avancées technologiques peuvent contribuer à surmonter les défis actuels et à offrir des soins plus efficaces et personnalisés aux patients hypertendus.

## **2. PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE**

### **2.1. Présentation du problème**

L'hypertension artérielle (HTA) est une condition médicale chronique qui constitue un enjeu majeur de santé publique à l'échelle mondiale, et particulièrement dans les pays en développement comme le Cameroun. Cette maladie, souvent asymptomatique, est un facteur de risque majeur pour des complications graves telles que les maladies cardiovasculaires, les accidents vasculaires cérébraux et les insuffisances rénales. Au Cameroun, la prévalence de l'HTA est élevée, mais la gestion efficace de cette condition reste un défi en raison de plusieurs facteurs : manque de sensibilisation, ressources limitées, et accès insuffisant aux soins de santé. Les méthodes traditionnelles de dépistage et de suivi de l'HTA, comme les mesures en clinique et les dispositifs à domicile, présentent des limitations importantes. Ces limitations incluent le "syndrome de la blouse blanche", où la pression artérielle augmente en présence d'un professionnel de la santé, ainsi que des erreurs de mesure dues à l'utilisation incorrecte des dispositifs. En conséquence, une grande partie de la population hypertendue n'est pas diagnostiquée ou ne reçoit pas le traitement approprié, augmentant ainsi le risque de complications graves et de mortalité prématurée.

### **2.2. Formulation du problème**

#### **2.2.1. Problème général**

Par conséquent, la question qui se pose est la suivante : comment l'intelligence artificielle (IA) peut-elle être utilisée pour améliorer la détection précoce et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun, dans le but de réduire les complications graves et la mortalité associées à cette condition ?

#### **2.2.2. Problèmes spécifiques**

- ❖ Quels sont les défis techniques et opérationnels liés à l'intégration de solutions basées sur l'IA dans le système de santé camerounais pour le suivi de l'hypertension artérielle ?

- ❖ Dans quelle mesure une application d'intelligence artificielle, utilisant le deep learning et le machine learning, peut-il contribuer à la gestion de l'hypertension artérielle en fournissant une surveillance continue et des recommandations personnalisées ?

### **3. HYPOTHESE DE L'ETUDE**

#### **3.1. Hypothèse générale**

L'intégration de l'intelligence artificielle, notamment à travers un chatbot intelligent utilisant le deep learning et le machine learning, permet d'améliorer significativement la détection précoce et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun, réduisant ainsi les complications graves et la mortalité associées à cette condition.

#### **3.2. Hypothèses spécifiques**

- ❖ L'utilisation de solutions basées sur l'IA dans le système de santé camerounais surmonte les défis techniques et opérationnels actuels liés au suivi de l'hypertension artérielle.
- ❖ Une application d'intelligence artificielle, utilisant des algorithmes de deep learning et de machine learning, fournit une surveillance continue et des recommandations personnalisées, ce qui conduit à une meilleure gestion de l'hypertension artérielle chez les patients.

### **4. OBJECTIFS DE L'ETUDE**

#### **4.1. Objectif générale**

L'objectif général de cette étude est de développer et d'évaluer l'efficacité d'une solution basée sur l'intelligence artificielle, notamment une application d'intelligence artificielle utilisant le deep learning et le machine learning, pour améliorer la détection précoce et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun.

#### **4.2. Objectifs spécifiques**

- ❖ Identifier et analyser les défis techniques et opérationnels liés à l'intégration de solutions basées sur l'IA dans le système de santé camerounais pour le suivi de l'hypertension artérielle.
  
- ❖ Concevoir et développer une application d'intelligence artificielle capable de prédire les risques d'hypertension et de fournir des recommandations personnalisées de traitement et de suivi.

## **5. JUSTIFICATION DE L'ETUDE**

### **5.1. Plan scientifique**

Cette étude est motivée par la nécessité d'améliorer la gestion de l'hypertension artérielle, un enjeu de santé publique majeur. L'IA, notamment le deep learning et le machine learning, offre des opportunités pour analyser de grandes quantités de données de santé, identifier des schémas prédictifs et fournir des recommandations personnalisées. En explorant l'application de ces technologies au Cameroun, cette recherche contribuera à l'avancement des connaissances scientifiques et à l'innovation dans le domaine de la santé.

### **5.2. Plan pratique**

Cette étude répond à des besoins urgents de la population camerounaise, où l'hypertension artérielle touche environ 30 % des adultes (L. FOURCADE, 2017), avec une faible proportion de patients contrôlant correctement leur pression artérielle. Le développement d'un chatbot intelligent, capable de surveiller les signes vitaux et de fournir des recommandations personnalisées, pourrait améliorer la gestion de l'hypertension au Cameroun. Cette solution vise à réduire les complications graves et la mortalité, tout en améliorant l'accès aux soins et l'autonomie des patients, servant potentiellement de modèle pour d'autres pays en développement.

## **6. DELIMITATION DE L'ETUDE**

### **6.1. Plan géographique**

Cette étude se déroulera principalement au Cameroun, un pays d'Afrique centrale avec une

population diversifiée et une infrastructure de santé en développement. Plus spécifiquement, l'étude sera centrée sur la Direction de la Lutte contre la Maladie, les Épidémies et les Pandémies au Ministère de la Santé du Cameroun, située dans la capitale, Yaoundé. Ce choix géographique est motivé par la prévalence élevée de l'hypertension artérielle dans cette région. Les défis spécifiques rencontrés par le système de santé camerounais dans la gestion de cette condition. Les données seront collectées auprès de diverses institutions et sites web de la santé pour garantir une représentation équilibrée des différents contextes socio-économiques et sanitaires.

## **6.2. Plan théorique ou thématique**

Sur le plan théorique, l'étude se concentrera sur l'application des technologies de l'intelligence artificielle, en particulier le deep learning et le machine learning, dans le domaine de la santé publique. L'accent sera mis sur l'innovation technologique pour la détection et le suivi de l'hypertension artérielle. Le cadre théorique de l'étude inclura des concepts liés à l'intelligence artificielle, l'apprentissage automatique, les chatbots intelligents, et la santé numérique.

Thématiquement, l'étude abordera plusieurs aspects spécifiques :

1. Technologie de l'IA : Exploration des algorithmes de deep learning et de machine learning pour l'analyse des données de santé et la prédiction des risques d'hypertension.
2. Santé Publique : Évaluation des besoins en matière de gestion de l'hypertension artérielle et identification des lacunes dans les méthodes actuelles de détection et de suivi.
3. Conception et Développement : Développement d'un chatbot intelligent pour la surveillance continue des signes vitaux et la fourniture de recommandations personnalisées.
4. Implémentation : Adaptation des solutions proposées aux contraintes locales et aux spécificités du système de santé camerounais, et évaluation des défis opérationnels et techniques associés à leur mise en œuvre.

## **7. PLAN DU RAPPORT**

Le manuscrit commence par établir un solide cadre conceptuel et théorique pour l'étude de l'hypertension artérielle et du potentiel de l'intelligence artificielle dans sa gestion (Chapitre I). La méthodologie de recherche détaillée au Chapitre II assure une approche rigoureuse, avec la conception de l'étude, l'échantillonnage, la collecte et l'analyse des données. Le Chapitre III présente le contexte institutionnel de la DLMEP et les données collectées, fournissant les informations essentielles pour les analyses à venir. Enfin, le Chapitre IV

examine en profondeur la situation actuelle et propose des interventions innovantes, notamment le développement de modèles de machine learning et d'une application Streamlit, évaluant leur faisabilité et formulant des recommandations détaillées. Dans l'ensemble, ces quatre chapitres établissent une base conceptuelle, méthodologique et empirique solide pour l'étude de l'hypertension artérielle et des solutions utilisant l'intelligence artificielle.

**CHAPITRE I : CADRE CONCEPTUEL ET  
THÉORIQUE**

## INTRODUCTION

La détection et le suivi de l'hypertension artérielle (HTA) représentent un défi majeur de santé publique, tant au niveau mondial qu'au Cameroun. L'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans ce domaine offre des perspectives innovantes pour améliorer la gestion de cette condition. Ce chapitre présente le cadre théorique et conceptuel de l'étude, en explorant les avancées actuelles dans le domaine, l'historique, ainsi que le cadre légal et réglementaire pertinent.

### 1. CADRE THEORIQUE ET ETAT DE L'ART

#### 1.1. L'hypertension artérielle et la santé publique

L'hypertension artérielle, également connue sous le nom d'hypertension, est une maladie chronique caractérisée par une pression artérielle constamment élevée. Il s'agit d'un problème de santé publique majeur au Cameroun, touchant 35% de la population adulte (World Health Organization, 2022), ce qui en fait la principale cause de décès évitable dans le pays. L'hypertension artérielle non contrôlée peut entraîner de graves complications, notamment des crises cardiaques, des accidents vasculaires cérébraux, une insuffisance rénale, la cécité et des lésions nerveuses. Le taux de prévalence de l'HTA au Cameroun est alarmant et nécessite une intervention immédiate pour éviter une crise sanitaire à long terme. La croissance de la population, les changements de mode de vie, l'urbanisation rapide et le vieillissement de la population sont autant de facteurs qui contribuent à l'augmentation de la prévalence de l'hypertension.

À l'échelle mondiale, l'hypertension est également un problème de santé publique critique. Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), environ 1,13 milliard de personnes souffrent d'hypertension dans le monde. La maladie est responsable de près de 10 millions de décès chaque année, principalement en raison de complications cardiovasculaires (World Health Organization, 2022). Les pays à revenu faible et intermédiaire sont particulièrement touchés, avec une prévalence souvent plus élevée et un accès limité aux soins de santé. En Afrique subsaharienne, la prévalence de l'hypertension atteint des niveaux critiques, dépassant souvent 40% de la population adulte dans certains pays (L. FOURCADE, 2017). Cette situation nécessite des approches innovantes et durables pour la gestion et la prévention de l'hypertension.

## **1.2. Approches conventionnelles de la prise en charge de l'hypertension**

La prise en charge de l'hypertension implique généralement des modifications du mode de vie, telles que l'alimentation, l'exercice et la gestion du poids, ainsi que des médicaments antihypertenseurs. Cependant, ces approches se heurtent à plusieurs défis au Cameroun, notamment :

**Accès limité aux soins de santé :** Une partie importante de la population, en particulier dans les zones rurales, n'a pas accès à des services de santé adéquats pour le dépistage et le traitement de l'hypertension. Les infrastructures de santé sont souvent insuffisantes et mal équipées, ce qui rend difficile l'accès aux soins de base. De plus, le manque de personnel médical qualifié aggrave la situation, laissant de nombreux patients sans traitement approprié.

**Faible sensibilisation et éducation :** La connaissance insuffisante des facteurs de risque d'hypertension, des stratégies de prévention et des options de traitement reste répandue dans la population. De nombreux Camerounais ne sont pas conscients des dangers de l'hypertension et des mesures préventives qu'ils peuvent prendre. Les campagnes de sensibilisation et les programmes d'éducation sont souvent insuffisants ou inexistantes, ce qui contribue à la méconnaissance générale de la maladie.

**Non-observance du traitement :** De nombreux patients hypertendus ne respectent pas rigoureusement leur schéma médicamenteux, ce qui compromet le contrôle de la pression artérielle. Les raisons de la non-observance incluent le manque de compréhension des instructions médicales, l'oubli de prendre les médicaments, les effets secondaires indésirables et le coût élevé des médicaments. Cette situation est exacerbée par le manque de suivi et de soutien des patients, ce qui conduit souvent à des résultats de santé sous-optimaux.

**Coût élevé des médicaments :** L'accès aux médicaments antihypertenseurs peut être financièrement difficile pour certains patients, réduisant l'adhésion au traitement. Les médicaments sont souvent coûteux et ne sont pas toujours disponibles dans les pharmacies locales, en particulier dans les zones rurales. De plus, le manque de couverture d'assurance maladie aggrave les difficultés financières rencontrées par les patients hypertendus.

### **1.3. La promesse de l'intelligence artificielle (IA) dans la prise en charge de l'hypertension**

L'IA est apparue comme un outil prometteur pour relever les défis de la prise en charge de l'hypertension au Cameroun. Ses applications potentielles incluent :

- ❖ **Détection et dépistage précoces** : Les outils basés sur l'IA peuvent analyser de grands ensembles de données de patients pour identifier les individus à risque de développer une hypertension, permettant une intervention et une prévention précoces. Les algorithmes de machine learning peuvent analyser des variables telles que l'âge, le sexe, les antécédents familiaux, les habitudes de vie et les données biométriques pour prédire le risque d'hypertension avec une précision accrue. Cette approche permet de cibler les interventions sur les personnes les plus à risque et de maximiser l'efficacité des programmes de prévention.
- ❖ **Évaluation personnalisée des risques** : Les algorithmes d'IA peuvent évaluer les facteurs de risque individuels et prédire la probabilité de progression de l'hypertension, permettant des plans de prévention et de traitement sur mesure. Par exemple, des modèles prédictifs peuvent estimer le risque de complications cardiovasculaires chez les patients hypertendus en fonction de leurs caractéristiques cliniques et de leur historique médical. Ces évaluations personnalisées aident les professionnels de santé à élaborer des stratégies de traitement adaptées aux besoins spécifiques de chaque patient.
- ❖ **Suivi et suivi à distance** : Les plateformes basées sur l'IA peuvent permettre une surveillance à distance de la pression artérielle des patients et fournir des commentaires et un soutien personnalisé, améliorant l'adhésion au traitement. Les dispositifs de surveillance connectés, tels que les moniteurs de pression artérielle intelligents et les applications mobiles, collectent des données en temps réel sur les signes vitaux des patients et envoient des alertes aux professionnels de santé en cas d'anomalies. Cette approche facilite la gestion proactive de l'hypertension et réduit la nécessité de visites fréquentes à l'hôpital.
- ❖ **Aide à la décision pour les prestataires de soins de santé** : Les outils d'IA peuvent aider les prestataires de soins de santé à prendre des décisions de traitement éclairées, en tenant compte des caractéristiques et des facteurs de risque individuels des patients. Par exemple, des systèmes de recommandation basés sur l'IA peuvent suggérer des ajustements de dosage ou des changements de traitement en fonction des données

cliniques et des réponses des patients au traitement. Ces systèmes aident à optimiser les plans de traitement et à améliorer les résultats de santé des patients hypertendus.

L'hypertension artérielle touche environ 1 adulte sur 3 dans le monde et est responsable de plus de 7 millions de décès par an (Fédération Française de Cardiologie. (n.d.). *Une étude sur l'hypertension artérielle*. Fédération Française de Cardiologie). Les outils basés sur l'IA, comme les chatbots intelligents, permettent une surveillance continue et un support personnalisé des patients hypertendus, augmentant ainsi l'efficacité des interventions médicales (Fédération Française de Cardiologie, s.d.).

Les systèmes de surveillance à distance utilisant des capteurs portables et des applications mobiles collectent en temps réel des données sur la pression artérielle, les niveaux d'activité physique et d'autres paramètres vitaux, permettant des interventions précoces et personnalisées (Krittanawong, C., Johnson, K. W., Rosenson, R. S., & Wang, Z. *Prediction of cardiovascular events using machine learning algorithms*. Journal of the American College of Cardiology, 2021).

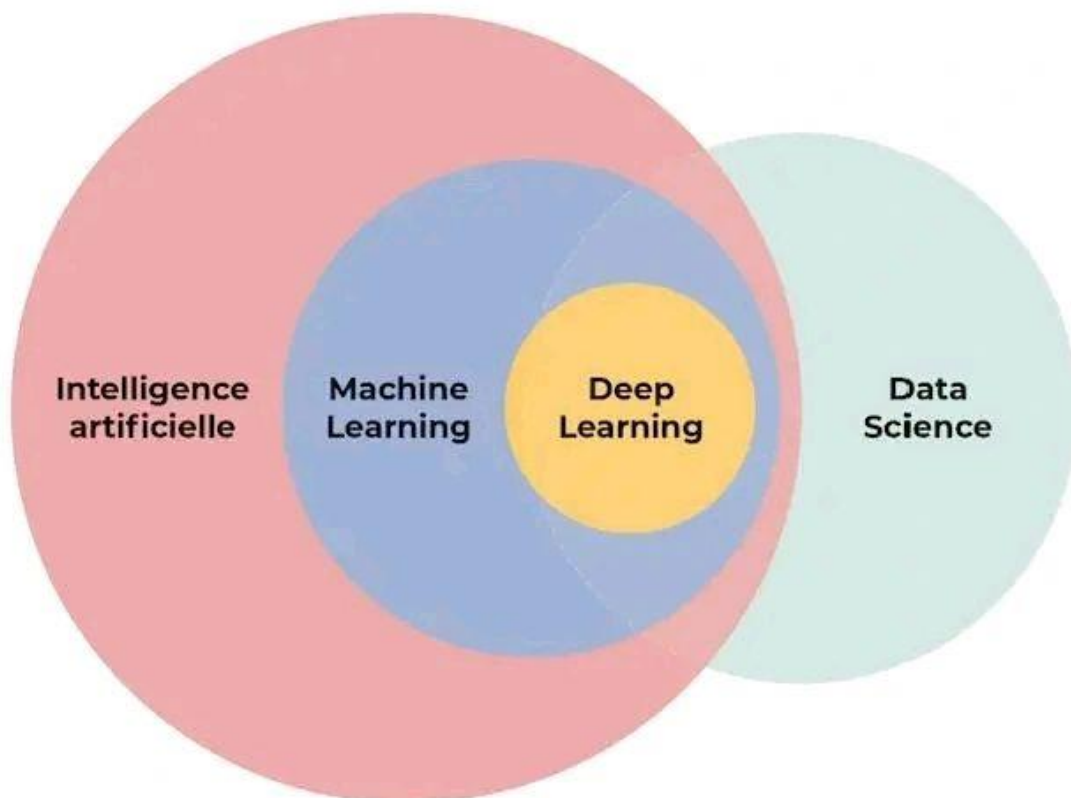
## 2. DEFINITIONS CONCEPTUELLES

Pour comprendre et analyser notre recherche, il est essentiel de définir les concepts clés et les variables impliquées. Les concepts suivants jouent un rôle crucial dans le cadre de notre étude sur l'utilisation de l'intelligence artificielle pour la détection et le suivi de l'hypertension artérielle.

- ❖ Intelligence Artificielle (IA) : L'intelligence artificielle est un domaine de l'informatique qui vise à créer des systèmes capables d'effectuer des tâches nécessitant normalement l'intelligence humaine, telles que la reconnaissance visuelle, la compréhension du langage naturel, la prise de décision et la résolution de problèmes complexes. L'IA repose sur des algorithmes et des modèles qui permettent aux machines d'apprendre et de s'adapter à partir de données.
  
- ❖ Apprentissage Automatique (Machine Learning, ML) : L'apprentissage automatique est un sous-domaine de l'IA qui se concentre sur le développement d'algorithmes permettant aux machines d'apprendre à partir de données. Le ML utilise des techniques statistiques pour identifier des modèles et faire des prédictions. Il se divise

en plusieurs catégories, notamment l'apprentissage supervisé, non supervisé et par renforcement.

- ❖ **Apprentissage Profond (Deep Learning, DL)** : L'apprentissage profond est une branche de l'apprentissage automatique qui utilise des réseaux de neurones artificiels, particulièrement des réseaux neuronaux profonds, pour modéliser des représentations abstraites de données. Il est particulièrement efficace pour traiter des données complexes telles que des images et des signaux vocaux.



*Figure 2: Intelligence Artificielle, ses composants et la data science*

- ❖ **Hypertension Artérielle** : L'hypertension artérielle est une condition médicale caractérisée par une pression sanguine élevée dans les artères, ce qui peut entraîner des complications graves comme des maladies cardiovasculaires, des accidents vasculaires cérébraux et des maladies rénales. La détection et le suivi précoces de cette condition sont cruciaux pour prévenir ces complications.

- ❖ **Modèle Informatique** : Un modèle informatique est une représentation mathématique ou algorithmique d'un système réel ou théorique. Il utilise des données et des règles spécifiques pour simuler et prédire le comportement de ce système. Les modèles informatiques sont essentiels dans le cadre de notre recherche pour développer des algorithmes de détection et de suivi de l'hypertension artérielle.
- ❖ **Réseau de neurones convolutionnels, ou CNN** : c'est un type d'architecture d'apprentissage profond spécifiquement conçu pour traiter des données visuelles. Inspirés du fonctionnement du cortex visuel, les CNN sont composés de couches de neurones qui apprennent à détecter des caractéristiques spécifiques dans les images, comme des contours, des textures ou des formes. Ces caractéristiques sont ensuite combinées pour permettre à un modèle de reconnaître des objets, de classer des images ou de détecter des anomalies. Les CNN sont largement utilisés dans des domaines tels que la vision par ordinateur, la reconnaissance faciale, la conduite autonome et la médecine pour l'analyse d'images médicales. Leur efficacité est due à leur capacité à extraire automatiquement des représentations hiérarchiques des données visuelles.

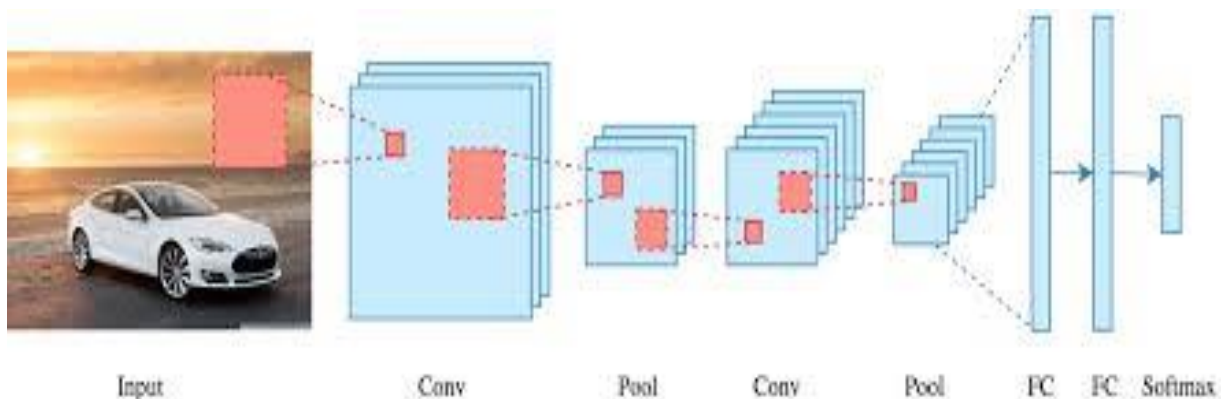


Figure 3: Fonctionnement d'un Réseau de neurones convolutionnels

### 3. ÉVOLUTION HISTORIQUE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN MEDECINE

L'intégration de l'IA dans les soins de santé a évolué au cours des dernières décennies, marquée par des progrès significatifs en matière de puissance de calcul, de disponibilité des données et d'algorithmes d'apprentissage automatique.

**Premières applications de l'IA dans les soins de santé :** Dans les années 1970 et 1980, l'IA était principalement utilisée pour le développement de systèmes experts, fournissant des outils d'aide à la décision pour le diagnostic médical et la planification du traitement. Ces systèmes experts utilisaient des règles de décision basées sur les connaissances des experts médicaux pour diagnostiquer les maladies et recommander des traitements. Bien que ces premiers systèmes aient démontré le potentiel de l'IA dans les soins de santé, ils étaient limités par les capacités de calcul et la complexité des algorithmes de l'époque.

**Émergence de l'apprentissage automatique et du Big Data :** Les années 1990 et 2000 ont vu l'essor de l'apprentissage automatique et de l'analyse du Big Data, permettant à l'IA de traiter de grands ensembles de données et d'identifier des schémas complexes dans les

**Données médicales.** L'augmentation exponentielle de la puissance de calcul, associée à la disponibilité croissante des données électroniques de santé, a permis de développer des

**Modèles d'apprentissage automatique** capables d'analyser des milliers de variables et de prédire des résultats cliniques avec une précision sans précédent. Cette période a également vu l'émergence des réseaux de neurones profonds, qui ont révolutionné l'apprentissage automatique en permettant des avancées significatives dans des domaines tels que l'imagerie médicale et la reconnaissance vocale.

**L'IA dans la pratique clinique et la recherche :** Aujourd'hui, l'IA est de plus en plus intégrée dans la pratique clinique, prenant en charge des tâches telles que l'analyse d'images, la prédiction des risques et les recommandations de traitement personnalisées. L'IA stimule également les progrès de la recherche dans divers domaines médicaux, notamment la découverte de médicaments, la génomique et la médecine de précision. Par exemple, les algorithmes d'apprentissage profond sont utilisés pour analyser les images de radiographie et de tomodensitométrie afin de détecter les signes précoces de maladies telles que le cancer et les maladies cardiovasculaires. De plus, les modèles prédictifs basés sur l'IA aident les chercheurs à identifier de nouvelles cibles thérapeutiques et à concevoir des essais cliniques plus efficaces.

L'histoire de l'IA dans les soins de santé est marquée par une série de jalons importants, chaque étape apportant des innovations qui ont transformé la manière dont les soins sont dispensés et les maladies sont gérées. Ces progrès ont été rendus possibles par une combinaison de percées technologiques, de collaborations interdisciplinaires et d'investissements substantiels dans la recherche et le développement.

#### **4. CONSIDERATIONS JURIDIQUES ET REGLEMENTAIRES DE L'IA DANS LES SOINS DE SANTE**

La mise en œuvre de l'IA dans les soins de santé soulève d'importantes questions juridiques et réglementaires. Notamment :

- ❖ **Confidentialité et sécurité des données** : La protection de la confidentialité des données des patients et la garantie de la sécurité des données sont primordiales. Les développeurs d'IA doivent s'assurer que leurs systèmes sont conformes aux réglementations telles que le RGPD.
- ❖ **Équité et biais algorithmiques** : Les algorithmes d'IA doivent être développés pour minimiser les biais et garantir un traitement juste pour tous les patients.
- ❖ **Validation clinique et surveillance réglementaire** : Les solutions d'IA en santé doivent subir une validation clinique rigoureuse et respecter les normes réglementaires pertinentes.
- ❖ **Responsabilité et transparence** : Il est essentiel de définir clairement la responsabilité en cas d'erreur et d'assurer la transparence des algorithmes utilisés.

Au Cameroun, le cadre juridique encadrant l'IA dans le domaine de la santé est en cours d'élaboration. La loi sur la protection des données personnelles adoptée en 2010 constitue une base importante, mais des réglementations spécifiques sur l'utilisation de l'IA dans les soins de santé sont encore attendues. Les autorités de régulation, telles que l'Ordre des médecins et le Ministère de la Santé Publique, devront jouer un rôle clé dans la définition de ces cadres réglementaires pour garantir l'utilisation éthique et responsable de l'IA dans le secteur de la santé au Cameroun.

## CONCLUSION

Le cadre théorique et conceptuel de cette étude montre que l'IA offre des solutions prometteuses pour la détection et le suivi de l'HTA. L'état de l'art met en évidence les avancées technologiques et les applications potentielles de l'IA dans ce domaine, tandis que l'historique et le cadre légal fournissent un contexte important pour la mise en œuvre de ces solutions au Cameroun. Ces éléments forment la base sur laquelle cette étude développera et évaluera une solution pratique pour améliorer la gestion de l'HTA à travers l'utilisation de l'IA. En intégrant les outils d'IA dans le système de santé camerounais, il est possible d'améliorer significativement la détection précoce, le suivi et le traitement de l'hypertension, tout en surmontant les défis actuels liés à l'accès aux soins, à la sensibilisation et à la conformité au traitement. Cette étude vise à explorer ces solutions et à proposer des recommandations pour leur mise en œuvre efficace et éthique.

## **CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE RECHERCHE**

## INTRODUCTION

Tout travail scientifique exige l'application de méthodologies et de techniques rigoureuses pour obtenir des résultats précis et pertinents. La méthodologie se définit comme l'ensemble des procédures, règles et méthodes qui facilitent le choix des outils statistiques appropriés pour l'analyse des données. Elle permet à l'analyste de vérifier la qualité de ses travaux et d'atteindre ses objectifs.

Ce chapitre présente la nature de notre recherche, les variables liées à notre questionnement, ainsi que les concepts de base tels que la modélisation, l'apprentissage profond et les méthodes d'intelligence artificielle. Nous détaillerons également les techniques et outils utilisés pour cette recherche, qui vise à améliorer la détection et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun par le biais de l'intelligence artificielle.

### 1. NATURE DE L'ETUDE

Cette recherche est une étude exploratoire. Elle a pour but d'identifier et de comprendre les différents facteurs qui influencent l'hypertension artérielle et à explorer comment l'IA peut être intégrée dans les systèmes de santé pour améliorer la surveillance et le traitement de cette condition. L'objectif est de découvrir de nouvelles perspectives et de poser les bases pour des recherches futures plus détaillées.

### 2. VARIABLES DE L'ETUDE

Les variables de cette étude sur la détection et le suivi de l'hypertension artérielle par l'intelligence artificielle au Cameroun correspondent aux différentes colonnes de notre jeu de données tels que :

- Pression Artérielle (Systolique et Diastolique) : Mesures de la pression artérielle des patients, qui sont essentielles pour évaluer le niveau d'hypertension.
- Antécédents Médicaux : Informations sur les maladies précédentes ou actuelles des patients, les traitements reçus, et les facteurs de risque associés.
- Données Démographiques : Âge, sexe, poids, taille, et autres données démographiques pouvant influencer l'hypertension.

- Habitudes de Vie : Informations sur l'alimentation, l'exercice physique, le tabagisme, et la consommation d'alcool des patients.
- Images Médicales : Radiographies, échographies, ou autres images pertinentes pour le suivi de l'hypertension.
- Données Biométriques : Fréquence cardiaque, niveau de glucose dans le sang, et autres données biométriques.

## 2.1. Limites et difficultés

La mise en œuvre de l'intelligence artificielle pour la détection et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun présente plusieurs défis et limites.

1. Disponibilité et Qualité des Données : L'une des principales difficultés est l'accès à des données médicales fiables et en quantité suffisante. Les données disponibles peuvent être incomplètes, incorrectes ou non standardisées, ce qui complique l'entraînement des modèles IA.
2. Infrastructures Technologiques : Le Cameroun peut souffrir de limitations technologiques telles que l'accès limité à des ordinateurs puissants et à une connectivité internet stable, essentiels pour le développement et la mise en œuvre de solutions basées sur l'IA.
3. Acceptation par les Professionnels de Santé : L'adoption de nouvelles technologies par les professionnels de santé peut rencontrer des résistances. Il est crucial de démontrer la fiabilité et l'efficacité des systèmes d'IA pour gagner leur confiance.
4. Réglementations et Confidentialité : Le traitement des données de santé doit respecter des réglementations strictes concernant la confidentialité et la sécurité des informations personnelles des patients. Cela peut poser des défis supplémentaires pour la collecte et l'utilisation des données.

## 2.2. Utilisation des variables

L'utilisation des variables dans cette étude suit une approche méthodologique structurée pour garantir des résultats fiables et pertinents.

1. Collecte de Données : Les données sur les patients hypertendus, incluant des mesures de pression artérielle, des antécédents médicaux et des images médicales, seront collectées à partir de différentes sources médicales au Cameroun.

2. **Prétraitement des Données** : Les données collectées seront nettoyées et standardisées pour éliminer les erreurs et les incohérences. Les techniques de prétraitement incluent la normalisation des valeurs, la gestion des valeurs manquantes et l'augmentation des données pour les ensembles d'images.
3. **Développement de Modèles IA** : Les algorithmes d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond seront développés et entraînés en utilisant les données prétraitées. Des modèles tels que les réseaux neuronaux convolutifs (CNN) seront utilisés pour analyser les images médicales, tandis que des algorithmes de classification et de régression seront employés pour les autres types de données.
4. **Évaluation des Modèles** : Les performances des modèles seront évaluées en utilisant des métriques appropriées telles que la précision, la sensibilité, la spécificité et l'aire sous la courbe ROC. Les modèles seront continuellement améliorés en itérant sur les cycles d'entraînement et de validation.
5. **Implémentation et Suivi** : Les modèles validés seront déployés dans des environnements cliniques pour surveiller l'hypertension artérielle chez les patients. Les performances des systèmes seront continuellement surveillées et ajustées en fonction des retours des professionnels de santé et des résultats observés.

Ces étapes méthodologiques visent à créer un système robuste et efficace pour la détection et le suivi de l'hypertension artérielle, contribuant ainsi à améliorer la qualité des soins de santé au Cameroun.

### **3. ECHANTILLONAGE ET COLLECTE DE DONNEES**

Pour cette étude sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la détection et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun, l'échantillonnage et la collecte de données jouent un rôle crucial. L'échantillon de patients hypertendus sera sélectionné de manière à représenter divers profils démographiques et médicaux, reflétant la diversité de la population camerounaise affectée par cette condition.

La population cible de cette étude comprend les patients hypertendus dans différentes régions du Cameroun. L'échantillon sera constitué en tenant compte de critères tels que l'âge, le sexe, les antécédents médicaux et la gravité de l'hypertension. Les données seront collectées à partir de plusieurs sources médicales, y compris les hôpitaux, les cliniques et les centres de santé, assurant ainsi une représentation adéquate des cas d'hypertension observés dans la pratique

clinique au Cameroun.

Les sources spécifiques de données pour cette étude sont les suivantes :

- Kaggle : Plateforme en ligne fournissant un jeu de données sur l'hypertension artérielle, utilisé pour les aspects de comparaison et de modélisation.
- Direction de la Lutte contre la Maladie, les Épidémies et les Pandémies au Ministère de la Santé du Cameroun : Fournissant des données locales, incluant des informations médicales détaillées sur les patients hypertendus au Cameroun.

Ces sources permettent de combiner des données globales et locales pour développer des modèles d'intelligence artificielle robustes et adaptés au contexte spécifique du Cameroun.

## 4. OUTILS DE L'ETUDE

Pour cette étude sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la détection et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun, une variété d'outils technologiques sera utilisée :



- **Streamlit** : Plateforme open-source pour créer des applications web interactives. Streamlit sera utilisé pour présenter les résultats des modèles d'intelligence artificielle et faciliter l'interaction avec les utilisateurs finaux.



- **Python** : Langage de programmation principal pour le développement des modèles d'intelligence artificielle, l'analyse de données et la création d'interfaces utilisateur interactives.



- **TensorFlow** : Frameworks d'apprentissage profond pour la mise en œuvre de réseaux neuronaux profonds. Ces outils seront utilisés pour analyser des images médicales et extraire des caractéristiques complexes liées à l'hypertension artérielle.



- **Pandas** : Bibliothèque Python pour la manipulation et l'analyse des données structurées. Pandas facilitera le chargement, la préparation et l'exploration des données médicales provenant de différentes sources, assurant ainsi la cohérence et la qualité des données analysées.



- **Groq** : un outil qui permet aux programmeurs de faire fonctionner des modèles d'intelligence artificielle de manière très rapide sur des ordinateurs spécialisés.

Ces outils seront intégrés de manière synergique pour développer un système complet de détection et de suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun, utilisant des techniques avancées d'intelligence artificielle pour améliorer les soins de santé préventifs et curatifs.

## CONCLUSION

En conclusion, la méthodologie adoptée pour cette étude sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la détection et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun repose sur un cadre rigoureux d'échantillonnage représentatif des patients hypertendus, ainsi que sur l'utilisation stratégique d'outils technologiques avancés comme Python avec ses bibliothèques spécialisées, Streamlit, et Power BI. Cette approche méthodologique vise à garantir la fiabilité et la pertinence des résultats obtenus, tout en surmontant les défis spécifiques liés à l'accès aux données médicales et à l'acceptation des technologies par les professionnels de santé. Ces choix méthodologiques sont essentiels pour établir une base solide permettant de développer des solutions innovantes en matière de santé publique au Cameroun, en intégrant efficacement les avancées de l'intelligence artificielle dans la pratique clinique quotidienne.

**CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA DLMP ET  
DES DONNEES COLLECTEES**

## INTRODUCTION

Ce chapitre présente la Direction de la Lutte contre la Maladie, les Épidémies et les Pandémies (DLCMEP) du Ministère de la Santé Publique du Cameroun. Il aborde l'organisation, les services et les responsabilités de cette direction, qui joue un rôle clé dans la prévention et le contrôle des maladies au Cameroun. Ensuite, il analysera les données collectées pour l'étude sur la détection et le suivi de l'hypertension artérielle par l'intelligence artificielle.

### 1. PRÉSENTATION DE LA DIRECTION DE LA LUTTE CONTRE LA MALADIE, LES ÉPIDÉMIES ET LES PANDÉMIES (DLMEP)

#### 1.1. Les Services de la DLMEP

La Direction de la Lutte contre la Maladie, les Épidémies et les Pandémies (DLCMEP) est une structure du Ministère de la Santé Publique au Cameroun, chargée de la prévention et du contrôle des maladies transmissibles, des épidémies et des pandémies. Elle s'articule autour de plusieurs services clés :

- Service de la Surveillance Épidémiologique : Responsable de la collecte, du traitement et de l'analyse des données épidémiologiques sur l'ensemble du territoire national. Il assure également la veille sanitaire et la détection précoce des épidémies et des pandémies.
- Service de la Lutte contre les Maladies Transmissibles : Met en œuvre les programmes nationaux de lutte contre les maladies transmissibles prioritaires, telles que le VIH/SIDA, la tuberculose, le paludisme, les maladies tropicales négligées, et les infections à virus respiratoire aigu (IRA).
- Service de la Préparation aux Épidémies et aux Pandémies : Élaboré et met en œuvre les plans de préparation et de réponse aux épidémies et aux pandémies. Il assure également la formation des personnels de santé et la gestion des stocks stratégiques de santé publique.

- Service de la Communication et de l'Éducation pour la Santé : Mène des campagnes de sensibilisation et d'éducation pour la santé afin de promouvoir les comportements favorables à la prévention des maladies transmissibles.
- Service de la Recherche et de la Coopération : Conduit des recherches sur les maladies transmissibles et collabore avec les partenaires nationaux et internationaux pour renforcer la lutte contre ces maladies.

## 1.2. Localisation

La Direction de la Lutte contre la Maladie, les Épidémies et les Pandémies est située à Yaoundé, la capitale du Cameroun. Son siège se trouve dans l'enceinte du Ministère de la Santé Publique.

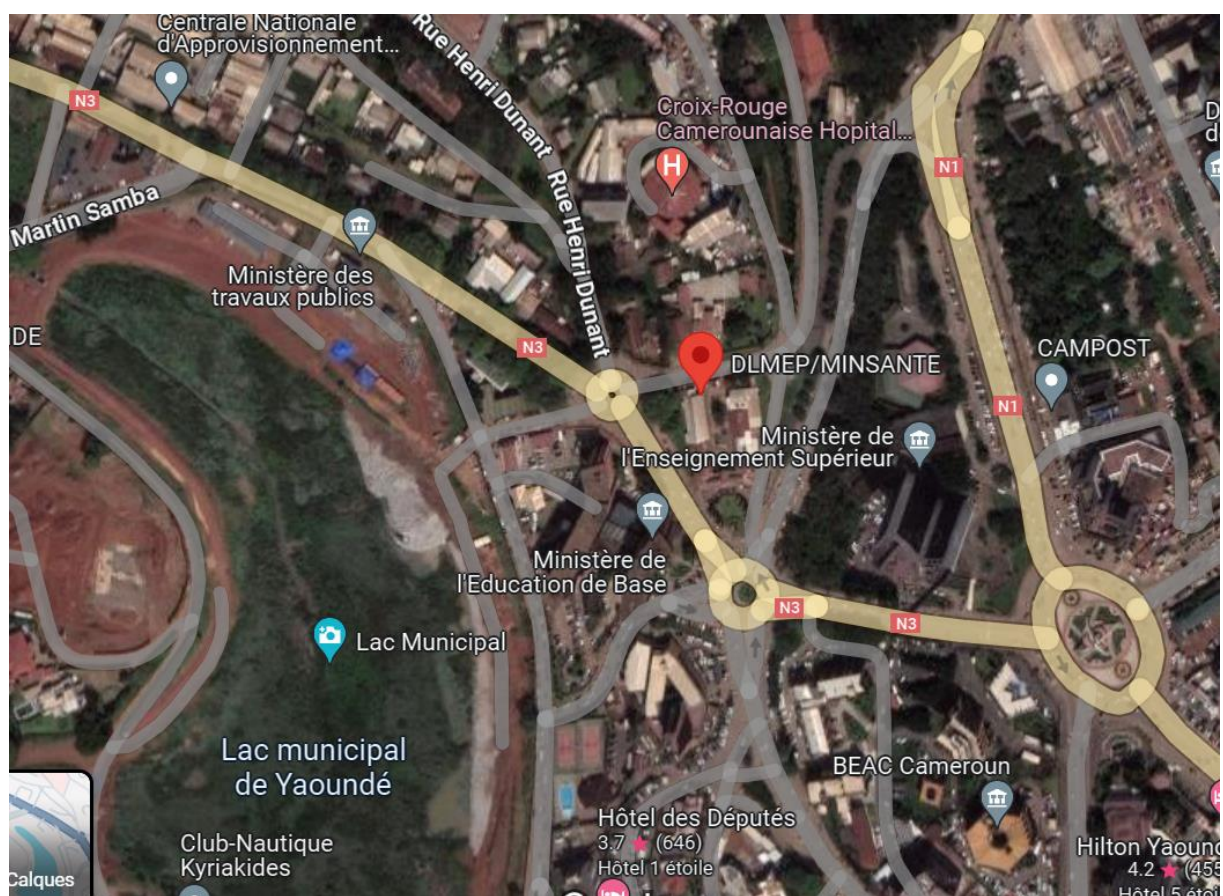


Figure 4: Localisation google maps de la DLMEP/MINSANTE

## 1.3. Structure/Organigramme de la DLMEP

La DLMEP est dirigée par un Directeur, nommé par le Ministre de la Santé Publique. Le Directeur est assisté d'un Sous-Directeur et de plusieurs Chefs de Service. L'organigramme de

la DLCMEP présente une structure hiérarchique bien définie, avec une répartition claire des responsabilités entre les différents services.

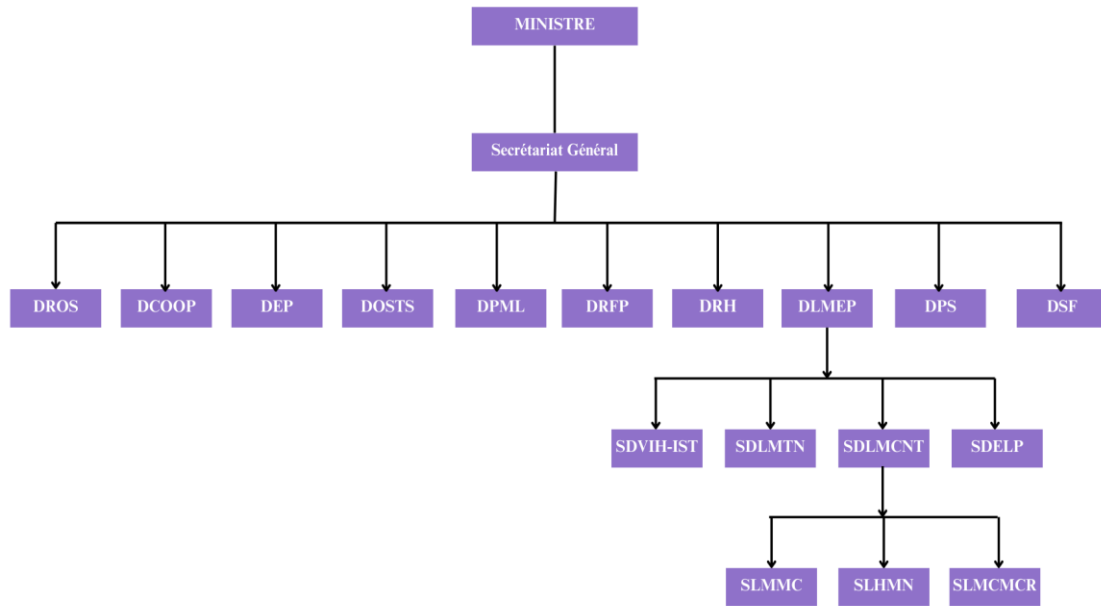


Figure 5: Organigramme simplifié du DLMEP/MINSANTE

Cet organigramme reflète la structure organisationnelle de la DLCMEP, soulignant les responsabilités et les services essentiels pour la lutte contre les maladies, les épidémies et les pandémies au Cameroun.

## 2. DONNÉES COLLECTÉES

Pour cette étude sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans la détection et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun, l'échantillonnage et la collecte de données jouent un rôle crucial. Les données proviennent de deux principales sources :

### 1. Données de la Plateforme DHIS2

- ❖ Description : Les données de la plateforme District Health Information Software 2 (DHIS2) sont utilisées pour la conception de tableaux de bord interactifs afin de visualiser la situation de l'hypertension artérielle au Cameroun. Ces données comprennent des informations détaillées sur les patients hypertendus, les tendances épidémiologiques et les résultats de traitement.

- ❖ Utilisation : Les tableaux de bord (dashboards) permettent une analyse visuelle des tendances de l'hypertension dans différentes régions du Cameroun, facilitant ainsi la prise de décisions éclairées pour la gestion de la santé publique.

## 2. Données de Kaggle

- ❖ Description : Pour l'entraînement et le test du modèle d'intelligence artificielle utilisé par le formulaire, nous avons utilisé des jeux de données provenant de la plateforme Kaggle. Ces jeux de données incluent des mesures de pression artérielle, des antécédents médicaux des patients, ainsi que des données médicales telles que des images et d'autres informations pertinentes pour l'évaluation et le suivi de l'hypertension artérielle.
- ❖ Utilisation : Les données de Kaggle ont permis d'entraîner des modèles de deep learning et de machine learning pour détecter et prédire les risques d'hypertension. Ces modèles sont intégrés dans le chatbot intelligent, capable de surveiller continuellement les signes vitaux des patients et de fournir des recommandations personnalisées.
- ❖ Description des données du dataset :
  - **Age** : Âge du patient en années. Représente l'âge du patient au moment de la collecte des données.
  - **Gender** : Sexe du patient. Généralement codé comme 0 pour les femmes et 1 pour les hommes.
  - **BMI (Body Mass Index)** : Indice de masse corporelle, une mesure utilisée pour évaluer si une personne a un poids santé en tenant compte de son poids et de sa taille. Il est calculé comme le poids en kilogrammes divisé par le carré de la taille en mètres.
  - **Hypertensive** : Statut hypertensif du patient. Généralement codé comme 0 pour non hypertensif et 1 pour hypertensif. Indique si le patient est diagnostiqué avec de l'hypertension.

- **Diabetes** : Statut diabétique du patient. Généralement codé comme 0 pour non diabétique et 1 pour diabétique. Indique si le patient est diagnostiqué avec du diabète.
- **Depression** : Statut dépressif du patient. Généralement codé comme 0 pour non dépressif et 1 pour dépressif. Indique si le patient est diagnostiqué avec de la dépression.
- **Hyperlipemia** : Statut hyperlipémique du patient. Généralement codé comme 0 pour non hyperlipémique et 1 pour hyperlipémique. Indique si le patient a un taux élevé de lipides dans le sang.
- **Renal failure** : Insuffisance rénale. Généralement codé comme 0 pour non affecté et 1 pour affecté. Indique si le patient souffre d'insuffisance rénale.
- **COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease)** : Maladie pulmonaire obstructive chronique. Généralement codé comme 0 pour non affecté et 1 pour affecté. Indique si le patient souffre de cette maladie pulmonaire.
- **Heart rate** : Fréquence cardiaque du patient en battements par minute (bpm). Mesure du nombre de battements du cœur par minute.
- **Systolic blood pressure** : Pression artérielle systolique en millimètres de mercure (mmHg). Il s'agit de la pression dans les artères lorsque le cœur se contracte.
- **Diastolic blood pressure** : Pression artérielle diastolique en millimètres de mercure (mmHg). Il s'agit de la pression dans les artères lorsque le cœur est au repos entre les battements.
- **Temperature** : Température corporelle du patient en degrés Celsius (°C). Mesure de la température interne du corps.

| group | ID | outcome | age | gender | BMI | hypertensive | atrialfibrillation | CHD with no MI | diabetes |
|-------|----|---------|-----|--------|-----|--------------|--------------------|----------------|----------|
| 0     | 1  | 125047  | 0.0 | 72     | 1   | 37.588179    | 0                  | 0              | 1        |
| 1     | 1  | 139812  | 0.0 | 75     | 2   | NaN          | 0                  | 0              | 0        |
| 2     | 1  | 109787  | 0.0 | 83     | 2   | 26.572634    | 0                  | 0              | 0        |
| 3     | 1  | 130587  | 0.0 | 43     | 2   | 83.264629    | 0                  | 0              | 0        |
| 4     | 1  | 138290  | 0.0 | 75     | 2   | 31.824842    | 1                  | 0              | 0        |

Figure 6 : Visualisation des données de Kaggle utilisés

## CONCLUSION

Ce chapitre a fourni une vue d'ensemble de la Direction de la Lutte contre la Maladie, les Épidémies et les Pandémies (DLCMEP) au sein du Ministère de la Santé Publique du Cameroun, en détaillant ses divers services et leur rôle crucial dans la prévention et le contrôle des maladies transmissibles, des épidémies et des pandémies. Les données collectées pour l'étude proviennent de la plateforme DHIS2, utilisées pour créer des tableaux de bord interactifs, et de Kaggle, utilisées pour entraîner et tester les modèles d'intelligence artificielle intégrés dans un chatbot intelligent. Ces outils permettent une analyse efficace des tendances de l'hypertension artérielle au Cameroun et fournissent des recommandations personnalisées pour le suivi des patients. En conclusion, ce chapitre souligne l'importance d'une approche structurée et intégrée dans la gestion de la santé publique, mettant en lumière le rôle central de la DLCMEP et les avancées significatives offertes par l'intelligence artificielle pour améliorer la détection précoce et le suivi des patients hypertendus.

**CHAPITRE IV : ANALYSE ET DIAGNOSTIC DE LA  
SITUATION ET PROPOSITION D'INTERVENTION**

## INTRODUCTION

L'hypertension artérielle (HTA) est un problème de santé publique majeur au Cameroun. Cette maladie chronique affecte une proportion significative de la population adulte, entraînant des complications graves et une mortalité élevée. Face à ce défi, l'intégration de l'intelligence artificielle (IA) dans les stratégies de détection et de suivi de l'HTA offre une opportunité innovante pour améliorer la gestion de cette condition. Ce chapitre présente une analyse approfondie de la situation actuelle, propose une intervention basée sur l'IA et examine la faisabilité de sa mise en œuvre.

### 1. PRESENTATION ET ANALYSE DE LA SITUATION

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) considère l'hypertension artérielle comme une cause majeure de décès prématuré à l'échelle mondiale, touchant environ 1,13 milliard de personnes, dont deux-tiers vivent dans des pays à revenu faible et intermédiaire. En Afrique subsaharienne, la situation est particulièrement préoccupante en raison de la transition épidémiologique, des changements de mode de vie, et de l'accès limité aux soins de santé. Au Cameroun, le Ministère de la Santé Publique (MINSANTE) estime que la prévalence de l'hypertension chez les adultes est d'environ 30%, avec une augmentation notable dans les zones urbaines.

Le Cameroun fait face à de nombreux défis dans la gestion de l'hypertension, notamment un accès limité aux soins de santé, un manque de sensibilisation, et des ressources médicales insuffisantes. Les données de la plateforme District Health Information Software 2 (DHIS2) montrent une augmentation constante des cas d'hypertension signalés dans les centres de santé du pays, avec des disparités régionales significatives. L'intégration de technologies basées sur l'intelligence artificielle (IA), utilisant des données issues de DHIS2 et de plateformes comme Kaggle, peut améliorer la détection précoce et la gestion de l'hypertension en fournissant des outils de diagnostic avancés, des recommandations personnalisées, et un suivi continu des patients.

### 2. INTERVENTION PROPOSÉE ET JUSTIFICATION

L'intervention proposée consiste en la création et la mise en œuvre d'une application basée sur Streamlit, intégrant des modèles d'intelligence artificielle pour la détection et le suivi de

l'hypertension artérielle. Cette application utilise un modèle CNN (Convolutional Neural Network) pour l'analyse d'images radiologiques et un modèle Random Forest Classifier pour la prédiction de l'hypertension à partir de données cliniques collectées via l'application. L'application permet aux professionnels de santé et aux patients de surveiller les signes vitaux, d'identifier les risques d'hypertension et de recevoir des recommandations personnalisées.

Le modèle CNN est une architecture de deep learning spécialement conçue pour traiter des données structurées en grille, comme les images. Il est composé de plusieurs couches, chacune ayant un rôle spécifique dans l'extraction et le traitement des caractéristiques des images. Les couches de convolution appliquent des filtres aux images d'entrée pour détecter des caractéristiques locales, tandis que les couches de pooling réduisent les dimensions des cartes de caractéristiques pour diminuer la complexité computationnelle. Les couches de rectification linéaire (ReLU) introduisent de la non-linéarité, permettant au modèle d'apprendre des relations complexes. Les couches complètement connectées, situées vers la fin du réseau, traitent les cartes de caractéristiques extraites pour effectuer la classification finale, prédisant la probabilité de présence de signes d'hypertension dans une image radiologique donnée.

La justification de cette intervention repose sur la nécessité de combler les lacunes actuelles dans la détection précoce et la gestion de l'HTA au Cameroun. Les technologies de machine learning, comme les modèles CNN et Random Forest, offrent des capacités avancées pour analyser des volumes importants de données et fournir des diagnostics précis et rapides. L'OMS souligne l'importance de l'innovation technologique pour améliorer la gestion des maladies non transmissibles en Afrique. De plus, les données du MINSANTE montrent une prévalence croissante de l'hypertension, rendant indispensable l'adoption de solutions innovantes pour une meilleure gestion de cette condition.

### **3. OBJECTIFS DE L'INTERVENTION - PROJET ENVISAGE :**

#### **3.1. Objectif général**

L'objectif général de cette intervention est de réduire la prévalence et les complications de l'hypertension artérielle au Cameroun en améliorant la détection précoce et le suivi des patients grâce à l'intelligence artificielle.

### **3.2. Objectifs spécifiques**

- ❖ Mettre en place un système de détection précoce de l'hypertension basé sur l'IA.
- ❖ Fournir des recommandations personnalisées et des plans de suivi pour les patients hypertendus.

## **4. COMPOSANTES DE L'INTERVENTION ENVISAGEE :**

L'intervention proposée comporte plusieurs composantes clés pour assurer une gestion efficace de l'hypertension artérielle via l'application Streamlit :

1. Module de détection d'images : Utilisation d'un modèle CNN pour analyser les images radiologiques, permettant de détecter des anomalies associées à l'hypertension. Ce module aide les professionnels de la santé à identifier des signes précoces de complications hypertensives à partir des radiographies des patients.
2. Module de prédiction de l'hypertension : Intégration d'un modèle Random Forest Classifier pour prédire la probabilité d'hypertension chez les patients en utilisant des données cliniques collectées via l'application. Ces données incluent les signes vitaux, les antécédents médicaux, et d'autres paramètres pertinents.
3. Interface utilisateur intuitive : Développement d'une interface conviviale sur Streamlit, permettant aux utilisateurs de saisir facilement les données cliniques et d'interpréter les résultats des analyses. L'interface inclut des tableaux de bord interactifs pour visualiser les tendances de l'hypertension et des alertes pour une intervention rapide.
4. Collecte et gestion des données : Mise en place de systèmes sécurisés pour la collecte, le stockage et la gestion des données patientes. Ces données sont utilisées pour entraîner les modèles d'IA et améliorer continuellement la précision des prédictions.
5. Recommandations personnalisées : Fourniture de recommandations basées sur les analyses de l'IA, aidant les patients à gérer leur condition et à suivre des plans de traitement personnalisés. Les recommandations incluent des conseils sur le mode de vie, les médicaments, et la nécessité de consultations médicales.

## **5. STRATEGIE D'ACTION ET CONTENU :**

### **5.1. Conception d'un modèle de machine learning de détection de l'hypertension :**

Pour la conception de notre modèle de classification, nous avons utilisé la bibliothèque PyCaret, qui fournit une interface simplifiée pour le prétraitement, l'entraînement, l'évaluation et l'optimisation du modèle. PyCaret s'appuie sur scikit-learn et d'autres bibliothèques sous-jacentes pour offrir une solution complète et automatisée pour le développement de modèles de machine learning. Les étapes de réalisation de ce modèle pour la détection et le suivi de l'hypertension sont présentées ci-après :

### 5.1.1. Prétraitement et Analyses des données

|   | group | ID     | outcome | age | gender | BMI       | hypertensive | atrialfibrillation | CHD with no MI | diabetes |
|---|-------|--------|---------|-----|--------|-----------|--------------|--------------------|----------------|----------|
| 0 | 1     | 125047 | 0.0     | 72  | 1      | 37.588179 | 0            | 0                  | 0              | 1        |
| 1 | 1     | 139812 | 0.0     | 75  | 2      | NaN       | 0            | 0                  | 0              | 0        |
| 2 | 1     | 109787 | 0.0     | 83  | 2      | 26.572634 | 0            | 0                  | 0              | 0        |
| 3 | 1     | 130587 | 0.0     | 43  | 2      | 83.264629 | 0            | 0                  | 0              | 0        |
| 4 | 1     | 138290 | 0.0     | 75  | 2      | 31.824842 | 1            | 0                  | 0              | 0        |

Figure 7: Extrait du dataset utilisé

Collecte et préparation des données : après importé les données collectées dans un fichier notebook, nous avons effectué un prétraitement sur ces données afin de les rendre exploitables par nos algorithmes d'apprentissage. Ce prétraitement comprend la vérification des doublons, des valeurs manquantes (NaN) et l'identification des colonnes catégorielles ceci en utilisant

```

+ Code + Markdown | ▶ Run All ↺ Restart ... ↻ .venv (Python 3.8.0) + Code + Markdown | ▶ Run All ↺ Restart ... ↻ .venv (Python 3.8.0)
#Changement des données NAN de la colonnes BMI par la moy
data['BMI'].fillna(data.BMI.mean(), inplace=True)

[22] Python
...
1172 False
1173 False
1174 False
1175 False
1176 False
Length: 1177, dtype: bool

#suppression des données NAN des colonnes Systolic blood p
# car ces données représentent moins de 10%
data.dropna(subset=['Systolic blood pressure'], inplace=True)
data.dropna(subset=['heart rate'], inplace=True)
data.dropna(subset=['Diastolic blood pressure'], inplace=True)
data.dropna(subset=['temperature'], inplace=True)

#Compte des lignes dupliquées et non dupliquées
duplicates.value_counts()

#pas de colonnes dupliquées

[25] Python [19] Python
... False 1177
dtype: int64
    
```

Figure 8: Traitement des données NaN

les fonctions de la librairie pandas.

Note : l'ensemble de données ne contient aucun doublon. En revanche certaines colonnes présentent des données NaN et selon leur proportion nous décidons soit de supprimer ce donné ou de remplacer par la moyenne des données de la colonne.

Analyse et visualisation des données : pour visualiser et analyser nos données nous avons utilisé les modules seaborn, matplotlib, numpy et pandas. Pour la partie analyse nous avons affiché les statistiques sommaires avec la fonction describe () et vérifié la distribution entre les classes. Après cela nous avons présenté la matrice de corrélation afin d'identifier les variables à fort coefficient de corrélation.

### 5.1.2. Construction du modèle

|          | Model                           | Accuracy | AUC    | Recall | Prec.  | F1     | Kappa  | MCC    | TT (Sec) |
|----------|---------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| rf       | Random Forest Classifier        | 0.7265   | 0.6959 | 0.8616 | 0.7801 | 0.8180 | 0.2686 | 0.2769 | 0.3340   |
| gbc      | Gradient Boosting Classifier    | 0.7179   | 0.6880 | 0.8426 | 0.7813 | 0.8101 | 0.2611 | 0.2660 | 0.3970   |
| catboost | CatBoost Classifier             | 0.7153   | 0.6910 | 0.8460 | 0.7771 | 0.8089 | 0.2492 | 0.2573 | 6.7230   |
| et       | Extra Trees Classifier          | 0.7030   | 0.6707 | 0.8494 | 0.7628 | 0.8031 | 0.2011 | 0.2081 | 0.4250   |
| lightgbm | Light Gradient Boosting Machine | 0.7030   | 0.6475 | 0.8338 | 0.7706 | 0.8003 | 0.2208 | 0.2255 | 0.2950   |
| xgboost  | Extreme Gradient Boosting       | 0.6868   | 0.6339 | 0.8321 | 0.7559 | 0.7917 | 0.1645 | 0.1678 | 0.2680   |
| ada      | Ada Boost Classifier            | 0.6857   | 0.6778 | 0.7995 | 0.7705 | 0.7836 | 0.2055 | 0.2077 | 0.2570   |
| qda      | Quadratic Discriminant Analysis | 0.6597   | 0.6921 | 0.6835 | 0.8134 | 0.7395 | 0.2536 | 0.2648 | 0.0560   |

Figure 9: Comparaison des modèles avec Pycaret

Description du modèle : L'algorithme d'apprentissage utilisé pour notre modèle de classification est le Random Forest, qui est une méthode d'ensemble basée sur les arbres de décision. Contrairement à un seul arbre de décision, le Random Forest combine plusieurs arbres pour améliorer la précision et la robustesse des prédictions. Voici comment le Random Forest fonctionne :

- Construction des arbres : Le Random Forest construit plusieurs arbres de décision en utilisant des sous-ensembles aléatoires des données d'entraînement et des caractéristiques. Chaque arbre est entraîné de manière indépendante sur un échantillon différent des données, avec une sélection aléatoire de caractéristiques à chaque division.
- Mesure de l'homogénéité : Chaque arbre utilise des critères tels que l'indice de Gini ou l'entropie pour évaluer la pureté des sous-ensembles créés lors de la division des données. L'objectif est de créer des sous-ensembles aussi homogènes que possible.

- Création de branches : Les arbres de décision individuels se développent en créant des branches pour chaque division basée sur les caractéristiques. Ce processus est répété récursivement jusqu'à ce qu'une condition d'arrêt soit atteinte, comme la pureté des sous-ensembles ou une profondeur maximale de l'arbre.
- Prédiction : Une fois que tous les arbres du Random Forest sont construits, la prédiction est effectuée en combinant les résultats des arbres individuels. Pour une nouvelle instance, chaque arbre vote pour une classe, et la classe avec le plus grand nombre de votes est sélectionnée comme prédiction finale.

Le Random Forest est particulièrement efficace pour gérer des données complexes et est robuste face au surapprentissage, ce qui le rend adapté pour la détection de l'hypertension dans notre cas.

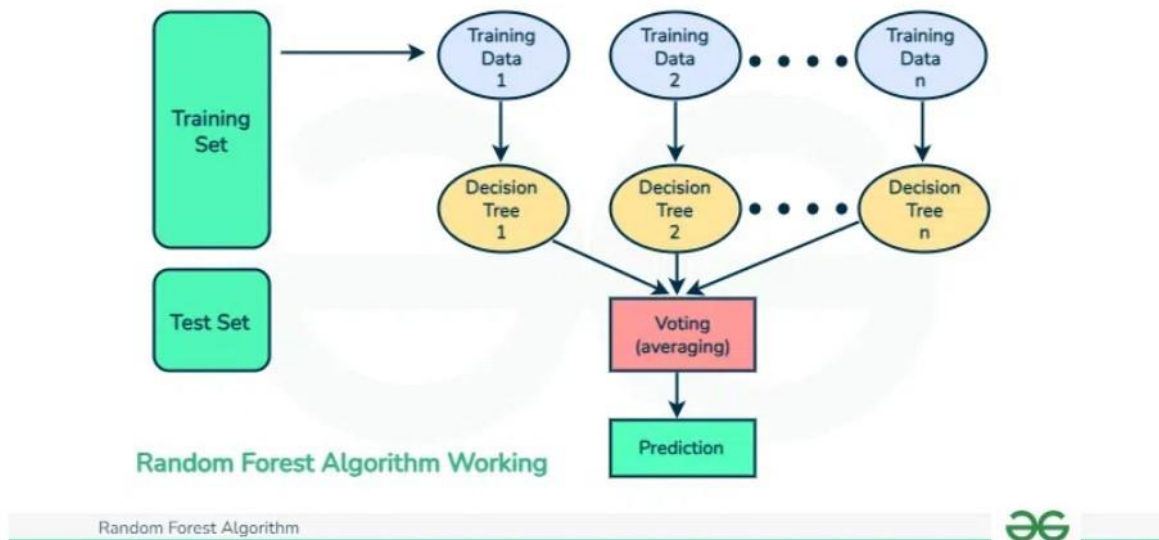


Figure 10: Fonctionnement du Random Forest

## 5.2. Conception d'un modèle CNN pour détection des anomalies associées à l'hypertension

Pour la détection des anomalies associées à l'hypertension, nous avons conçu un modèle de réseau de neurones convolutifs (CNN) en utilisant une base de données d'images. Cette base de données, disponible sur Kaggle « <https://www.kaggle.com/datasets/turkertuncer/ph-ct-v1> », comprend 800 images réparties en quatre classes : normale, hypertension légère, modérée et sévère.

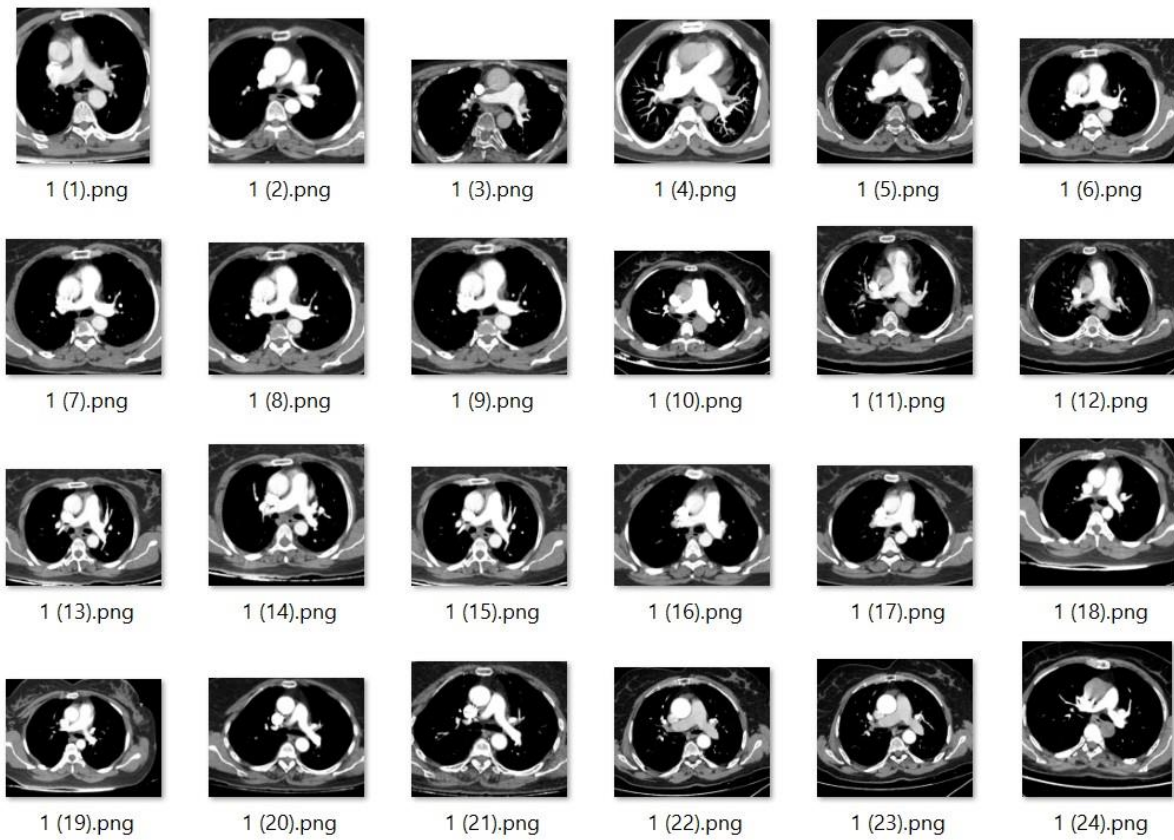


Figure 11: Extrait de la banque d'imagerie médicale

Étapes de la conception du modèle :

- Préparation des données : Les images de la base de données ont été prétraitées et étiquetées selon les quatre classes d'hypertension. Cette étape a impliqué la normalisation des images et le redimensionnement pour les adapter aux exigences du modèle CNN.
- Entraînement du modèle : Nous avons utilisé Google Teachable Machine pour l'entraînement du modèle CNN. Teachable Machine facilite la création et l'entraînement de modèles de machine learning à partir d'images, en automatisant la sélection des hyperparamètres et l'ajustement du modèle. Le modèle a été entraîné sur les images de la base de données pour apprendre à classifier les images en fonction des quatre catégories d'hypertension.
- Évaluation du modèle : Après l'entraînement, le modèle a été évalué en utilisant des métriques telles que la précision, le rappel et la F-mesure pour déterminer sa performance dans la classification des images d'anomalies associées à l'hypertension.
- Application du modèle : Le modèle CNN formé est utilisé pour détecter et classer les anomalies associées à l'hypertension dans de nouvelles images, offrant une approche automatisée et précise pour l'analyse des données d'imagerie médicale.

Ce modèle de CNN vise à fournir une solution efficace pour la détection et le suivi des anomalies liées à l'hypertension, en exploitant les capacités de reconnaissance d'image avancées de l'apprentissage profond.

### 5.3. Conception de l'application streamlit TensiCheck



Figure 12: Logo de TensiCheck

#### 5.3.1. Description de l'application

Pour la conception de l'application, nous avons utilisé la bibliothèque Streamlit en Python. L'application se compose de trois parties principales :

1. Accueil : Cette section est divisée en deux parties :
  - Description : Présentation des différentes fonctionnalités de l'application et informations générales sur l'hypertension artérielle.
  - Chatbot "TensiChat" : Un espace dédié à notre chatbot intelligent, permettant aux utilisateurs de poser des questions sur l'hypertension artérielle et d'obtenir des réponses en temps réel.
2. Dashboard : Cette partie fournit des fonctionnalités pour la visualisation des données. Elle permet d'afficher le dataset complet, à l'exception des images radiologiques, et d'explorer les informations collectées à travers l'application.
3. Analyse : Cette section comprend :
  - Formulaire de prédiction : Un formulaire permettant d'entrer les informations d'un patient pour prédire s'il est potentiellement atteint d'hypertension.
  - Analyse par imagerie : Un outil permettant de télécharger des images radiologiques pour déterminer la classe d'hypertension (normale, légère, modérée, sévère) à laquelle le patient pourrait appartenir.

### 5.3.2. Conception de l'application

Dans cette section, nous présentons la conception de l'application Streamlit à travers des captures d'écran de l'interface utilisateur et des extraits de code. L'application est organisée en trois parties principales, chacune ayant des fonctionnalités spécifiques pour faciliter l'interaction avec les utilisateurs et l'analyse des données.

#### 1. Accueil :

- Description des Fonctionnalités : Cette partie de l'interface offre un aperçu des fonctionnalités de l'application et fournit des informations générales sur l'hypertension artérielle. La capture d'écran ci-dessous montre l'interface de cette section.



Figure 13: Extrait de l'interface d'accueil de TensiCheck

- Chatbot "TensiChat" : Cette section est dédiée au chatbot intelligent intégré à

```

tensicheck.py x analyssetensipy tensinotebook.ipynb dashboardtensipy config.toml
venv > work > TensiCheck > tensicheck.py > ...
200     if 'messages' not in st.session_state:
201         st.session_state['messages'] = [
202             {"role": "assistant", "content": "Bienvenue sur TensiBot, le chatbot intelligent spécialisé dans l'hyperten
203         ]
204     # Afficher Les messages
205     with chat_container.container():
206         chat_box = st.container()
207         with chat_box:
208             for message in st.session_state['messages']:
209                 if message['role'] == 'user':
210                     st.markdown(f"<div class='user-message'>{message['content']}</div>", unsafe_allow_html=True)
211                 else:
212                     st.markdown(f"<div class='bot-message'>{message['content']}</div>", unsafe_allow_html=True)
213
214     # Zone d'écriture
215     with st.form(key='chat_form', clear_on_submit=True):
216         user_input = st.text_input("Tapez votre message...")
217         submit_button = st.form_submit_button(Label='Envoyer')

```

Figure 14: Extrait du code streamlit du chat bot

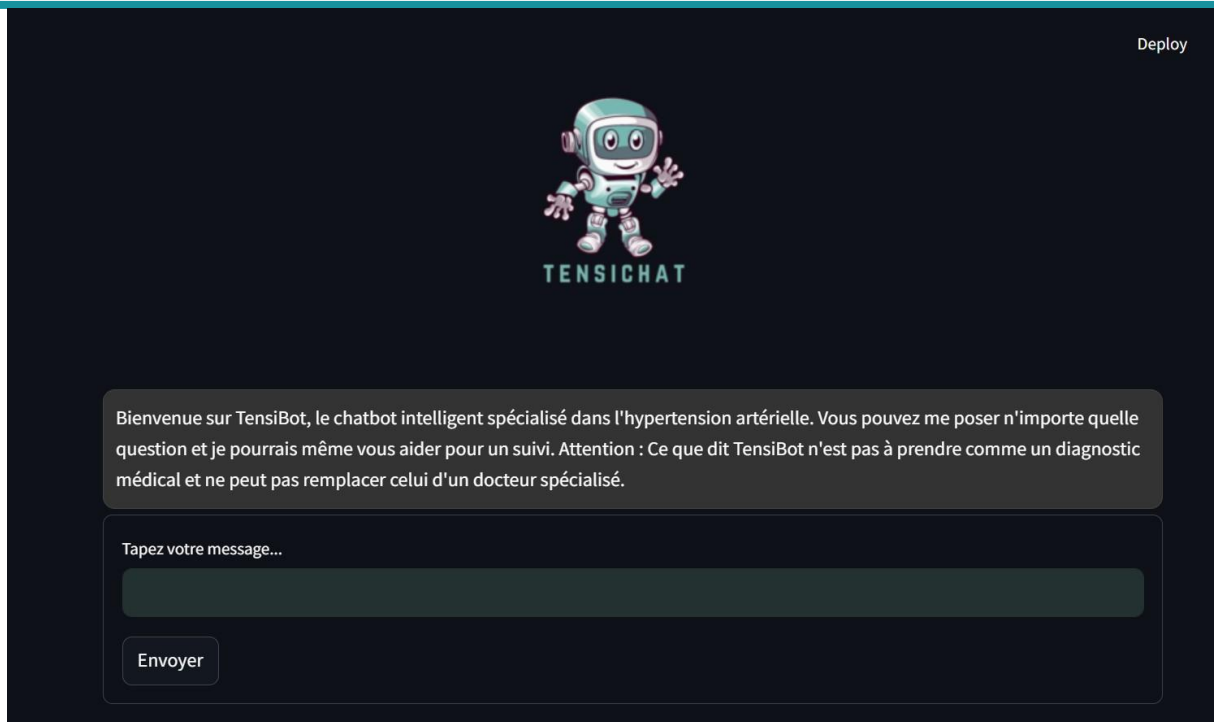


Figure 15: Extrait de l'interface de TensiChat

## 2. Dashboard :

Le Dashboard fournit des outils pour visualiser les données et explorer le dataset. Cette section inclut des graphiques et des tableaux pour une analyse approfondie des données collectées. La capture d'écran ci-dessous montre l'interface du Dashboard.

## 3. Analyse :

- Formulaire de Prédiction : Cette partie de l'application permet aux utilisateurs d'entrer les informations d'un patient pour prédire s'il est potentiellement atteint d'hypertension. La capture d'écran ci-dessous montre l'interface du formulaire de prédiction.
- Analyse par Imagerie : Ici, les utilisateurs peuvent télécharger des images radiologiques pour déterminer la classe d'hypertension. La capture d'écran ci-dessous illustre l'outil d'analyse par imagerie.

# 6. ETUDE DE FAISABILITE

La faisabilité fait référence à l'évaluation de la possibilité de réalisation d'un projet ou d'une activité. Elle implique une évaluation approfondie des aspects techniques, économiques, opérationnels et organisationnels d'un projet pour déterminer s'il est réalisable dans des conditions spécifiques. Dans cette partie nous ferons une évaluation du coût de ce projet sur le

plan technique.

| Ressources                                      | Description   | Rôles   | Cout (Francs CFA) |
|---|---|---|-------------------|
| Base de données d'images                        | Base de données d'images médicales pour la détection des anomalies associées à l'hypertension.  | Fournir les données nécessaires pour entraîner et tester le modèle de classification par imagerie.                              | 200 000           |
| Données de santé                                | Données sur les patients (âge, IMC, pression artérielle, etc.) pour entraîner le modèle de prédiction d'hypertension.                           | Permettre la création et l'évaluation du modèle de classification.  | 500 000           |
| Ordinateur                                      | Un ordinateur performant est nécessaire pour le développement, l'entraînement, et le déploiement du modèle. CPU 3.53GHz i7, 16Go RAM, 500Go SSD | Exécuter les logiciels nécessaires au développement de l'application, à l'entraînement des modèles, et à l'analyse des données. | 900 000           |
| Abonnement Internet                             | Connexion Internet pour accéder aux ressources en ligne, télécharger des données, et utiliser des outils cloud.                                 | Essentiel pour la recherche, le développement, et la collaboration en ligne.  | 40 000/Mois       |
| Abonnement à des plateformes de données et d'IA | Accès à des plateformes telles que Groq pour le développement de chatbots et des outils d'apprentissage automatique comme                       | Fournir des outils et des services spécifiques pour le développement de l'IA et le déploiement des modèles.                     | 40 000/Mois       |

|       |          |  |           |
|-------|----------|--|-----------|
|       | PyCaret. |  |           |
| Total |          |  | 2 560 000 |

NB : Le total est compté sur la base d'un années d'implémentation du projet.

## CONCLUSION

Ce chapitre a fourni une analyse détaillée de la situation actuelle de l'hypertension artérielle au Cameroun, mettant en lumière les défis et les opportunités associés à cette problématique de santé publique. En réponse à ces défis, nous avons proposé une intervention intégrant des solutions d'intelligence artificielle pour améliorer la détection et le suivi des patients hypertendus. Les stratégies et composants de cette intervention ont été conçus pour adresser efficacement les problèmes identifiés, tout en prenant en compte la faisabilité économique, sociale, technique et environnementale de leur mise en œuvre.

## CONCLUSION GENERALE

En conclusion, ce projet a représenté une étape déterminante dans l'application des technologies d'intelligence artificielle à la santé publique, avec un focus particulier sur la détection et le suivi de l'hypertension artérielle au Cameroun. À travers le stage effectué à la Direction de la Lutte contre la Maladie, les Épidémies et les Pandémies au Ministère de la Santé, nous avons pu allier expertise technique et besoins médicaux pour concevoir une solution innovante.

Le projet a intégré des méthodes avancées de deep learning et de machine learning pour développer un chatbot intelligent, capable de surveiller les signes vitaux des patients et de prédire les risques d'hypertension, tout en fournissant des recommandations personnalisées pour le traitement et le suivi. Cette approche représente une avancée significative dans la prise en charge de l'hypertension au Cameroun, un pays confronté à une augmentation préoccupante des maladies cardiovasculaires.

L'impact potentiel de cette solution est double : elle permet une surveillance plus précise et continue des patients, tout en facilitant une intervention rapide et adaptée. Mon expérience durant ce stage a non seulement renforcé mes compétences techniques, mais a également mis en lumière le potentiel transformateur de l'intelligence artificielle dans le domaine de la santé. Ce projet illustre comment l'innovation technologique peut répondre efficacement aux défis de santé publique et contribuer à améliorer les conditions de vie des patients au Cameroun.

## REFERENCES WEBOGRAPHIQUES :

- ❖ Fédération Française de Cardiologie. (n.d.). *Une étude sur l'hypertension artérielle*. Fédération Française de Cardiologie. <https://www.fedecardio.org/la-recherche/une-etude-sur-lhypertension-arteriel>. Consulté le 28 juin 2024 à 10h30.
- ❖ Krittanawong, C., Johnson, K. W., Rosenson, R. S., & Wang, Z. (2019). *Prediction of cardiovascular events using machine learning algorithms*. Journal of the American College of Cardiology. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6477925/>. Consulté le 28 juin 2024 à 11h00.
- ❖ Fondation de Recherche sur l'Hypertension Artérielle. (n.d.). *L'IA dans la prise en charge de l'hypertension artérielle*. Fondation de Recherche sur l'Hypertension Artérielle. <https://frhta.org/ia/>. Consulté le 28 juin 2024 à 11h30.
- ❖ Cardiologie Pratique. (2024, mai 16). *L'IA en prise en charge de l'HTA : c'est maintenant aux États-Unis*. Cardiologie Pratique. <https://www.cardiologie-pratique.com/actualites/kiosque/0035984-lia-prise-en-charge-lhta-cest-maintenant-aux-etats-u>. Consulté le 28 juin 2024 à 12h00.
- ❖ American Heart Association. (2023). *Hypertension: Overview and management*. American Heart Association. <https://www.heart.org/en/health-topics/high-blood-pressure>. Consulté le 22 juillet 2024 à 14h00.
- ❖ World Health Organization. (2022). *Global status report on noncommunicable diseases 2022*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240065184>. Consulté le 22 juillet 2024 à 14h30.
- ❖ Siam, T. M., & Lee, J. K. (2022). *Machine learning approaches for predicting hypertension risk*. *Journal of Biomedical Informatics*, 127, 103991. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2022.103991>. Consulté le 22 juillet 2024 à 15h30.
- ❖ National Institute for Health and Care Excellence. (2024). *Hypertension in adults: Diagnosis and management*. National Institute for Health and Care Excellence. <https://www.nice.org.uk/guidance/ng136>. Consulté le 22 juillet 2024 à 16h00.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- ❖ Histoire de l'intelligence artificielle. (n.d.). *Management Datascience*. Retrieved from <https://www.managementdatascience.com/histoire-intelligence-artificielle>
- ❖ Introduction au Machine Learning & Data Mining. (n.d.). *Data Science Academy*. Retrieved from <https://www.datascienceacademy.com/introduction-machine-learning-data-mining>
- ❖ Intro to Python for Computer Science and Data Science 2022. (2022). *Coursera*. Retrieved from <https://www.coursera.org/learn/python-for-computer-science-and-data-science>
- ❖ Analyse en composantes principales. (n.d.). *Wikipédia*. Retrieved from [https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse\\_en\\_composantes\\_principales](https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_en_composantes_principales)
- ❖ DS\_Rarity Problem in Supervised Fraud Detection Insights Article. (2020, June 3). *Insights*. Retrieved from [https://www.insights.com/ds\\_rarity\\_problem-supervised-fraud-detection](https://www.insights.com/ds_rarity_problem-supervised-fraud-detection)
- ❖ Module 3: Evaluating & Interpreting Models. (n.d.). *Duke PRATT of Engineering*. Retrieved from <https://www.pratt.duke.edu/education/graduate/modules/module3-evaluating-interpreting-models>
- ❖ Module 5: Trees, Ensemble Models and Clustering. (n.d.). *Duke PRATT of Engineering*. Retrieved from <https://www.pratt.duke.edu/education/graduate/modules/module5-trees-ensemble-models-clustering>

## TABLES DES MATIERES

|   |    |
|---|----|
| <b>RESUME</b> .....   | I  |
| <b>ABSTRACT</b> .....   | II |
| <b>LISTES DES ABREVIATIONS</b> .....  | V  |
| <b>INTRODUCTION GENERALE</b> .....  | 1  |
| <b>1. CONTEXTE D'ETUDE</b> .....  | 1  |
| <b>2. PROBLEMATIQUE DE L'ETUDE</b> .....  | 3  |
| <b>2.1. Présentation du problème</b> .....  | 3  |
| <b>2.2. Formulation du problème</b> .....   | 3  |
| <b>3. HYPOTHESE DE L'ETUDE</b> .....  | 4  |
| <b>3.1. Hypothèse générale</b> .....  | 4  |
| <b>3.2. Hypothèses spécifiques</b> .....  | 4  |
| <b>4. OBJECTIFS DE L'ETUDE</b> .....  | 4  |
| <b>4.1. Objectif générale</b> .....   | 4  |
| <b>4.2. Objectifs spécifiques</b> .....   | 4  |
| <b>5. JUSTIFICATION DE L'ETUDE</b> .....  | 5  |
| <b>5.1. Plan scientifique</b> .....   | 5  |
| <b>5.2. Plan pratique</b> .....   | 5  |
| <b>6. DELIMITATION DE L'ETUDE</b> .....   | 5  |
| <b>6.1. Plan géographique</b> .....   | 5  |
| <b>6.2. Plan théorique ou thématique</b> .....  | 6  |
| <b>7. PLAN DU RAPPORT</b> .....   | 6  |
| <b>CHAPITRE I : CADRE CONCEPTUEL ET THÉORIQUE</b> .....   | 8  |
| <b>INTRODUCTION</b> .....   | 9  |
| <b>1. CADRE THEORIQUE ET ETAT DE L'ART</b> .....  | 9  |
| <b>1.1. L'hypertension artérielle et la santé publique</b> .....  | 9  |
| <b>1.2. Approches conventionnelles de la prise en charge de l'hypertension</b> .....                        | 10 |
| <b>1.3. La promesse de l'intelligence artificielle (IA) dans la prise en charge de l'hypertension</b> ..... | 11 |
| <b>2. DEFINITIONS CONCEPTUELLES</b> .....   | 12 |
| <b>3. ÉVOLUTION HISTORIQUE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE EN MEDECINE</b> .....                             | 14 |
| <b>4. CONSIDERATIONS JURIDIQUES ET REGLEMENTAIRES DE L'IA DANS LES SOINS DE SANTE</b> .....                 | 16 |
| <b>CONCLUSION</b> .....   | 17 |
| <b>CHAPITRE II : METHODOLOGIE DE RECHERCHE</b> .....  | 18 |
| <b>INTRODUCTION</b> .....   | 19 |
| <b>1. NATURE DE L'ETUDE</b> .....   | 19 |
| <b>2. VARIABLES DE L'ETUDE</b> .....  | 19 |
| <b>2.1. Limites et difficultés</b> .....  | 20 |
| <b>2.2. Utilisation des variables</b> .....   | 20 |

---

|  |     |
|--|-----|
| <b>3. ECHANTILLONAGE ET COLLECTE DE DONNEES</b> .....  | 21  |
| <b>4. OUTILS DE L'ETUDE</b> .....  | 22  |
| <b>CONCLUSION</b> .....  | 23  |
| <b>CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA DLMP ET DES DONNEES COLLECTEES</b> .....                                      | 24  |
| <b>INTRODUCTION</b> .....  | 25  |
| <b>1. PRÉSENTATION DE LA DIRECTION DE LA LUTTE CONTRE LA MALADIE, LES ÉPIDÉMIES ET LES PANDÉMIES (DLMEP)</b> ..... | 25  |
| <b>1.1. Les Services de la DLMEP</b> .....   | 25  |
| <b>1.2. Localisation</b> .....   | 26  |
| <b>1.3. Structure/Organigramme de la DLMEP</b> .....   | 26  |
| <b>2. DONNÉES COLLECTÉES</b> .....   | 27  |
| <b>CONCLUSION</b> .....  | 30  |
| <b>CHAPITRE IV : ANALYSE ET DIAGNOSTIC DE LA SITUATION ET PROPOSITION D'INTERVENTION</b> .....                     | 31  |
| <b>INTRODUCTION</b> .....  | 32  |
| <b>1. PRESENTATION ET ANALYSE DE LA SITUATION</b> .....  | 32  |
| <b>2. INTERVENTION PROPOSÉE ET JUSTIFICATION</b> .....   | 32  |
| <b>3. OBJECTIFS DE L'INTERVENTION - PROJET ENVISAGE :</b> .....  | 33  |
| <b>3.1. Objectif général</b> .....   | 33  |
| <b>3.2. Objectifs spécifiques</b> .....  | 34  |
| <b>4. COMPOSANTES DE L'INTERVENTION ENVISAGEE :</b> .....  | 34  |
| <b>5. STRATEGIE D'ACTION ET CONTENU :</b> .....  | 34  |
| <b>5.1. Conception d'un modèle de machine learning de détection de l'hypertension :</b> .....                      | 34  |
| <b>5.2. Conception d'un modèle CNN pour détection des anomalies associées à l'hypertension</b> .....               | 37  |
| <b>5.3. Conception de l'application streamlit TensiCheck</b> .....   | 39  |
| <b>6. ETUDE DE FAISABILITE</b> .....   | 41  |
| <b>CONCLUSION</b> .....  | 43  |
| <b>CONCLUSION GENERALE</b> .....   | 44  |
| <b>REFERENCES WEBOGRAPHIQUES :</b> .....   | VI  |
| <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :</b> .....   | VII |