



Détection et Prédiction du Paludisme

à l'aide de l'Intelligence Artificielle

Une Approche Intégrée pour la Santé Publique



Afrique de l'Ouest



Projet Académique

République Islamique de Mauritanie

Faculté des Sciences et Technologies


Département d'Informatique et Intelligence Artificielle


Realise par : **Cheikhani Lemrabet**


RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Le paludisme reste une des principales causes de morbidité et mortalité en Afrique subsaharienne, constituant un défi sanitaire majeur pour les populations vulnérables. Ce projet présente une solution innovante basée sur l'intelligence artificielle qui combine harmonieusement la détection automatisée par analyse d'images microscopiques et la prédiction épidémiologique avancée via l'exploitation de données climatiques complexes.

Technologies Employées :

 **Module de Détection** : Utilisation de MobileNet pour classifier efficacement les images de cellules sanguines avec une précision remarquable

 **Module de Prédiction** : Exploitation de XGBoost pour anticiper la propagation du paludisme avec un coefficient de détermination (R^2) exceptionnel de 0,96

 **Interface Utilisateur** : Application web interactive développée avec Streamlit

Cette solution révolutionnaire vise à transformer la prise de décision sanitaire, optimiser l'allocation stratégique des ressources médicales et renforcer considérablement les stratégies de prévention ciblée dans la région.


 **Mots-clés** : Paludisme, Intelligence Artificielle, MobileNet, XGBoost, Santé Publique, Diagnostic Automatisé, Prédiction Épidémiologique.

Table des matières

1	INTRODUCTION	4
2	MATÉRIELS ET MÉTHODES	4
2.1	Architecture Générale du Système	4
2.2	Module de Détection par Images	5
2.3	Module de Prédiction Épidémiologique	5
2.4	Interface et Intégration Système	6
3	RÉSULTATS	6
3.1	Performance du Module de Détection	6
3.2	Performance du Module de Prédiction	6
4	DISCUSSION	7
4.1	Avantages et Innovations	7
4.2	Limitations et Défis	7
4.3	Perspectives et Développements Futurs	7
5	CONCLUSION	8

> 1. INTRODUCTION

Le paludisme représente un défi sanitaire majeur et persistant en santé publique, notamment dans les régions d'Afrique de l'Ouest où les conditions climatiques et socio-économiques favorisent sa propagation. Cette maladie vectorielle, transmise par les moustiques du genre *Anopheles*, continue de causer des millions de cas chaque année, affectant particulièrement les populations les plus vulnérables.

Malgré l'existence de méthodes de diagnostic traditionnelles, plusieurs défis critiques persistent dans la lutte contre cette maladie. Les diagnostics sont souvent retardés en raison de l'accès limité aux infrastructures de santé, particulièrement dans les zones rurales. De plus, les outils prédictifs actuels restent insuffisants pour anticiper efficacement les épidémies et permettre une préparation adéquate des systèmes de santé.

Face à ces enjeux, l'intelligence artificielle offre des perspectives prometteuses pour révolutionner l'approche de la détection et de la prédiction du paludisme. Ce projet ambitieux vise à développer et intégrer des technologies d'IA avancées pour créer un système complet d'aide à la décision, combinant diagnostic automatisé et prévision épidémiologique.

L'objectif principal de cette recherche est de démontrer comment l'intégration harmonieuse de techniques d'apprentissage automatique peut améliorer significativement la détection précoce du paludisme et la prédiction de sa propagation, contribuant ainsi à une meilleure gestion de la santé publique en Afrique de l'Ouest.

> 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES




> 2.1. Architecture Générale du Système

Méthodologie

La solution développée repose sur une architecture modulaire sophistiquée comprenant deux composants principaux interconnectés : un module de détection par analyse d'images utilisant les réseaux de neurones convolutifs (MobileNet) et un module de prédiction épidémiologique exploitant les techniques d'apprentissage automatique (XGBoost). Ces modules sont intégrés dans une application web interactive développée avec le framework Streamlit, offrant une interface utilisateur intuitive et accessible.

Points Clés

Modules du Système :

-  **Détection Automatique** : Analyse d'images microscopiques pour identification rapide des parasites du paludisme
-  **Prédiction Épidémiologique** : Modélisation du nombre de cas à partir des données climatiques et temporelles
-  **Interface Streamlit** : Plateforme web interactive pour professionnels de santé

➤ 2.2. Module de Détection par Images

Le module de détection exploite la puissance de MobileNet, une architecture de réseau de neurones convolutifs optimisée pour les applications mobiles et embarquées. Cette approche permet un diagnostic rapide et précis des infections paludéennes à partir d'images microscopiques de frottis sanguins.

Prétraitement des Images :

- Redimensionnement standardisé des images à 128×128 pixels
- Normalisation des valeurs de pixels pour optimiser l'apprentissage
- Techniques d'augmentation de données pour améliorer la robustesse du modèle
- Filtrage et amélioration de la qualité des images microscopiques

➤ 2.3. Module de Prédiction Épidémiologique

Le module de prédiction utilise XGBoost (Extreme Gradient Boosting), un algorithme d'apprentissage automatique basé sur les arbres de décision, reconnu pour sa performance exceptionnelle dans les tâches de régression et de classification. Ce module modélise l'incidence du paludisme en fonction de multiples variables environnementales et temporelles.

Variables Prédictives :

- **Climatiques** : Température, précipitations, humidité relative
- **Temporelles** : Saisonnalité, tendances annuelles
- **Géographiques** : Localisation, altitude, proximité des points d'eau
- **Socio-démographiques** : Densité de population, accès aux soins

Préparation des Données :

- Nettoyage et validation des données manquantes
- Encodage des variables catégorielles
- Normalisation et standardisation des features numériques
- Sélection des caractéristiques les plus pertinentes

➤ 2.4. Interface et Intégration Système

L'application web développée avec Streamlit offre une interface moderne et intuitive permettant aux professionnels de santé d'utiliser facilement les deux modules du système. L'interface supporte l'upload d'images, la saisie des paramètres climatiques et environnementaux, ainsi que l'affichage des résultats sous forme de graphiques et de rapports détaillés.

➤ 3. RÉSULTATS

➤ 3.1. Performance du Module de Détection

Résultats Principaux

Le modèle MobileNet développé démontre des performances exceptionnelles dans la détection automatique du paludisme à partir d'images microscopiques. Les résultats obtenus révèlent une précision remarquable supérieure à 93%, avec un temps d'inférence ultra-rapide inférieur à 2 secondes par image analysée.



Métriques de Performance :

✓ Précision (Accuracy) : 93.2%

✓ Sensibilité (Recall) : 91.8%

✓ Spécificité : 94.5%

✓ Score F1 : 92.5%



Temps d'inférence : < 2 secondes

Le système génère automatiquement des recommandations cliniques adaptées en fonction des résultats de détection, incluant des suggestions de traitements et des protocoles de suivi pour les patients diagnostiqués positifs.

➤ 3.2. Performance du Module de Prédiction


Résultats Principaux


Le modèle XGBoost présente des résultats exceptionnels avec un coefficient de détermination (R^2) de 0,96, démontrant une capacité prédictive remarquable pour anticiper l'évolution des cas de paludisme. L'analyse de l'importance des variables révèle que les précipitations, la température et l'humidité constituent les facteurs les plus déterminants dans la prédiction des épidémies.




Métriques Prédictives :

% R^2 Score : 0.96

 **RMSE** : 12.3 cas/semaine

 **MAE** : 8.7 cas/semaine

Précision à 7 jours : 94.1%

 **Importance des Variables :**

1. Précipitations hebdomadaires (32.4%)
2. Température moyenne (28.7%)
3. Humidité relative (21.3%)
4. Saisonnalité (12.9%)
5. Autres facteurs (4.7%)

➤ 4. DISCUSSION

➤ 4.1. Avantages et Innovations

L'intégration de l'intelligence artificielle dans la lutte contre le paludisme apporte des améliorations substantielles par rapport aux méthodes traditionnelles. La standardisation des processus de diagnostic permet de réduire significativement les erreurs humaines et les variations inter-observateurs. La rapidité d'analyse offre la possibilité d'obtenir des résultats en temps quasi-réel, crucial pour la prise de décision clinique urgente.

L'accessibilité améliorée constitue un autre avantage majeur, permettant de déployer ces outils dans des régions reculées où l'expertise médicale spécialisée est limitée. Le système offre également un outil prévisionnel puissant pour la planification sanitaire, permettant aux autorités de santé publique d'anticiper les épidémies et d'allouer efficacement les ressources.

➤ 4.2. Limitations et Défis

Malgré les résultats prometteurs, plusieurs limitations doivent être prises en compte. La qualité des images microscopiques reste un facteur critique pour la performance du système de détection. Des images de mauvaise qualité, mal éclairées ou avec des artefacts peuvent compromettre la précision du diagnostic.

La nécessité de validations cliniques étendues constitue également un défi important. Bien que les performances en laboratoire soient excellentes, une validation approfondie sur le terrain avec des données réelles et diverses populations est essentielle avant un déploiement à grande échelle.

➤ 4.3. Perspectives et Développements Futurs

Les perspectives d'évolution de ce projet sont multiples et prometteuses. L'élargissement géographique du système permettrait d'adapter les modèles à différentes régions avec leurs spécificités climatiques et épidémiologiques particulières.

L'ajout de maladies vectorielles supplémentaires comme la dengue, le chikungunya ou la fièvre jaune pourrait transformer cette solution en un outil de surveillance épidémiologique complet pour les maladies tropicales.

L'amélioration continue via l'apprentissage fédéré permettrait aux modèles de s'adapter aux évolutions locales sans compromettre la confidentialité des données des différents centres de santé participants.

➤ 5. CONCLUSION





Ce projet démontre de manière convaincante le potentiel transformateur de l'intelligence artificielle dans la lutte contre le paludisme en Afrique de l'Ouest. En combinant harmonieusement les capacités de détection automatisée et de prédiction épidémiologique, cette solution offre un outil complet et puissant pour améliorer la gestion de cette maladie endémique.

Les résultats obtenus, avec une précision de détection supérieure à 93% et un coefficient de prédiction R^2 de 0,96, établissent une base solide pour le déploiement pratique de cette technologie dans les systèmes de santé régionaux.

L'impact potentiel de cette solution sur la santé publique est considérable : réduction des délais de diagnostic, amélioration de la précision des prédictions épidémiologiques, optimisation de l'allocation des ressources sanitaires, et renforcement des stratégies de prévention ciblée.

Cette recherche ouvre la voie à une nouvelle génération d'outils de santé publique basés sur l'IA, contribuant significativement à l'atteinte des objectifs de développement durable en matière de santé pour les populations africaines.

RÉFÉRENCES

-  Howard, A. G., Zhu, M., Chen, B., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., ... & Adam, H. (2017). *MobileNets : Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications*. arXiv preprint arXiv :1704.04861.
-  Chen, T., & Guestrin, C. (2016). *XGBoost : A scalable tree boosting system*. In Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining (pp. 785-794).
-  Rajaraman, S., Antani, S. K., Poostchi, M., Silamut, K., Hossain, M. A., Maude, R. J., ... & Thoma, G. R. (2018). *Pre-trained convolutional neural networks as feature extractors for improved malaria parasite detection in thin blood smear images*. PeerJ, 6, e4568.
-  Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). *ImageNet classification with deep convolutional neural networks*. Communications of the ACM, 60(6), 84-90.