



Full Length Research Paper

Développement de l'Intelligence Artificielle pour le pré-diagnostic de la rétinopathie diabétique : Défis et opportunités dans le contexte des déserts médicaux en Afrique de l'Ouest.

Laval Jacquin^{1*}, Soda Mbaye², Aw Aissatou², Guillaume Le Vézouët³, Papa Amadou Ndiaye²¹GAIHA, Toulouse, France, ljacquin@gaiha.org²CHU Abass Ndao, Dakar, Sénégal, soresm93@gmail.com³GAIHA, Lisbonne, Portugal, glevezouet@gaiha.org

Received July 2023 – Accepted October 2023

*Corresponding author. ... ljacquin@gaiha.org...

Author(s) agree that this article remain permanently open access under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 International License.

Résumé:

La rétinopathie diabétique (RD) est une complication majeure du diabète pouvant entraîner la cécité si elle n'est pas détectée et traitée à temps. En Afrique de l'Ouest où les déserts médicaux et l'accès aux soins sont limités, l'utilisation de l'Intelligence Artificielle (IA) en santé offre des perspectives prometteuses pour le pré-diagnostic de cette maladie. Le logiciel d'IA Gaiha Prio Retino+™, développé en partenariat avec le service d'ophtalmologie clinique du CHU Abass Ndao au Sénégal, permet d'analyser avec précision les images rétiniennes pour détecter deux classes de RD : la RD réfractable et la RD menaçant la vision. Une étude clinique a été réalisée pour évaluer les performances du logiciel, et les résultats ont montré une sensibilité et une spécificité respectivement supérieure ou égale à 92% et 99% quelle que soit la classe de RD. Les résultats de l'aire sous la courbe ROC proches de 1 confirment l'efficacité du logiciel dans la distinction des individus malades des non malades. Ces résultats ouvrent des perspectives prometteuses pour le dépistage précoce de la RD en Afrique de l'Ouest. Cependant, des collaborations et des partenariats entre gouvernements, organisations internationales, établissements de santé publics et entreprises privées sont essentiels pour garantir un accès équitable à cette technologie et améliorer la prise en charge des patients atteints de RD dans la région. L'IA peut véritablement transformer la manière dont les soins de santé sont dispensés et contribuer à réduire les conséquences dévastatrices de la RD sur la population d'Afrique de l'Ouest.

Mots clés: Rétinopathie diabétique ; Afrique de l'Ouest ; Intelligence Artificielle ; Logiciel d'IA ; Pré-diagnostic ; Ophtalmologie ; Étude Clinique ; Collaboration ; Partenariats ; Santé Publique

Cite this article:

Laval Jacquin, Soda Mbaye, Aw Aissatou, Guillaume Le Vézouët, Papa Amadou Ndiaye. (2023). Développement de l'Intelligence Artificielle pour le pré-diagnostic de la rétinopathie diabétique : Défis et opportunités dans le contexte des déserts médicaux en Afrique de l'Ouest. *Revue RAMReS – Sci. Appl. & de l'Ing.*, Vol. 5(1), pp. 37-40. ISSN 2630-1164.

1. Introduction

La rétinopathie diabétique (RD) est l'une des principales complications du diabète qui peut entraîner la cécité si elle n'est pas détectée et traitée à un stade précoce. Elle constitue un défi de santé significatif en Afrique de l'Ouest où les déserts médicaux sont nombreux et l'accès aux soins limité. Dans ce contexte, le développement de l'Intelligence Artificielle (IA) en santé offre des perspectives prometteuses pour le pré-diagnostic de cette maladie [1]. L'IA en santé permet

d'automatiser le processus de détection de la RD en analysant les images rétiniennes. Les algorithmes d'apprentissage automatique et de vision par ordinateur peuvent identifier les lésions caractéristiques avec une précision comparable à celle des ophtalmologistes [2]. Cela permet d'effectuer un pré-diagnostic rapide et efficace, même dans les zones éloignées où les spécialistes médicaux sont rares. Cependant, ce développement de cette technologie est confronté à des défis spécifiques tels que le besoin d'une infrastructure adéquate avec des connexions Internet fiables et des

systèmes de stockage de données sécurisés, la collecte d'ensembles de données représentatifs prenant en compte les variations ethniques, ainsi que la prise en compte des considérations éthiques et de la confidentialité des données lors du déploiement de l'IA en santé [3].

Pour surmonter ces obstacles, des collaborations et des partenariats entre gouvernements, organisations internationales, établissements de santé publics, ainsi que des entreprises privées, sont essentiels pour fournir les ressources nécessaires et former les professionnels de santé locaux à l'utilisation de ces technologies dans les pratiques médicales existantes. C'est dans ce contexte qu'est né le partenariat entre le service d'ophtalmologie clinique du CHU Abass Ndao, à Dakar au Sénégal, et l'entreprise française GAIHA spécialisée dans l'IA appliquée à la santé. Ce partenariat a été formé dans le but de développer un logiciel d'IA destiné au dépistage de la RD en Afrique de l'Ouest.

2. Matériels et méthodes

Le logiciel d'intelligence artificielle Gaiha Prio Retino+™ permet une analyse précise des fonds d'œil, correspondant à des photos de la rétine, afin de détecter deux classes spécifiques de RD. La RD dite référible, également connue sous le nom de "more than mild diabetic retinopathy (mtDR)", comprend une rétinopathie non proliférante modérée ou sévère, ou une rétinopathie proliférante, avec ou sans œdème maculaire. La rétinopathie menaçant la vision, ou "vision threatening diabetic retinopathy (vtDR)", est caractérisée par une rétinopathie non proliférante sévère ou une rétinopathie proliférante, avec ou sans œdème maculaire. Il est important de noter que la vtDR correspond à un sous-ensemble de la mtDR et représente un stade avancé de la RD.

Le logiciel Gaiha Prio Retino+™ utilise un ensemble sophistiqué d'algorithmes de traitement et d'analyse d'image, basés sur la vision par ordinateur ainsi que sur des réseaux de neurones convolutifs, pour détecter avec précision la mtDR et la vtDR. Ce logiciel de type "software as a service (SaaS)" est directement accessible en ligne, permettant ainsi à l'utilisateur de se libérer de la complexité d'installation du logiciel. Grâce à son interface simple et intuitive, le logiciel Gaiha Prio Retino+™ automatise l'analyse des fonds d'œil, simplifiant ainsi le processus de dépistage pour les centres de santé, sans nécessiter de compétences techniques ou médicales particulières. Ainsi, même des professionnels de santé non-médecins tels que des techniciens ou des infirmiers, peuvent effectuer facilement le pré-diagnostic de la RD. La figure 1 montre un exemple de pré-diagnostic de la RD, pour le fond d'œil d'un patient anonyme, via l'interface simple et intuitive de Gaiha Prio Retino+™

Une étude clinique a été réalisée au CHU Abass Ndao pour comparer les résultats de pré-diagnostic de Gaiha Prio Retino+™ avec les observations cliniques effectuées par au moins deux ophtalmologues travaillant de façon non concertée. Cette étude a été

réalisée sur 156 patients diabétiques et 305 fonds d'œil associés



Figure 1 : Exemple de pré-diagnostic de la RD pour le fond d'œil d'un patient anonyme via l'interface simple et intuitive de Gaiha Prio Retino+™

Les sensibilité (Se) et spécificité (Sp) cliniques, les valeurs prédictives positives (VPP) et négatives (VPN), l'indice J de Youden, ainsi que l'aire sous la courbe ROC (ASC-ROC) ont été calculés afin de mesurer la performance du logiciel. La sensibilité mesure la proportion d'échantillons positifs qui ont été correctement identifiés. A l'inverse, la spécificité mesure la proportion d'échantillons négatifs qui ont été correctement identifiés. La VPP est définie comme la probabilité de la présence d'une maladie à la suite d'un résultat positif et la VPN comme la probabilité de l'absence de maladie à la suite d'un résultat négatif. L'indice J de Youden quant à lui mesure la précision de la méthode de diagnostic, il dépend de la sensibilité et de la spécificité, i.e. $J = Se + Sp - 1$, la méthode est efficace si l'indice se rapproche de 1. De même, l'ASC-ROC évalue la capacité de la méthode de diagnostic à distinguer les individus malades des non malades. Une valeur de l'ASC-ROC proche de 1 indique une meilleure méthode de diagnostic en termes de séparation des classes.

3. Résultats

3.1. Caractéristiques épidémiologiques

Parmi les 156 patients diabétiques étudiés, il y avait 93,59% de diabétiques de type 2 contre 6,41% de diabétiques de type 1. Le tableau 1 ci-dessous donne la répartition des patients selon le type de diabète

Tableau 1. - Répartition des patients selon le type de diabète

	DT1	DT2	Total
Nombre de patients	10	146	156
Nombre d'yeux	19	286	305

3.2. Caractéristiques épidémiologiques

Le tableau 2 ci-dessous donne les critères de performance évalués pour le logiciel Gaiha Prio Retino+™.

Tableau 2 Critères de performance de Gaiha Prio Retino+™

	mtDR	vtDR
Se	92,31%	92,16%
Sp	99,00%	99,01%
VPP	97,96%	97,92%
VPN	96,14%	96,17%
Indice J	0,91	0,91
ASC-ROC	0,989	0,975

Les résultats de l'étude clinique montrent des valeurs élevées de sensibilité (Se), de spécificité (Sp), de valeurs prédictives positives (VPP) et négatives (VPN), d'indice J de Youden ainsi que de l'aire sous la courbe ROC (ASC-ROC) pour les mtDR et vtDR. Ces performances sont comparables à celles d'autres solutions d'IA validées cliniquement, dont les résultats ont été publiés [4-10]. Il est toutefois crucial de noter que les modèles de réseaux de neurones convolutifs de Gaiha Prio Retino+™ ont été développés en prenant en compte les variations ethniques liées aux données, dans un contexte africain.

Par ailleurs, des évaluations réalisées en interne par GAIHA pour Gaiha Prio Retino+™, sur un ensemble de test de 4971 images (i.e. données indépendantes de la calibration du logiciel), mettent en évidence des valeurs élevées de sensibilité et de spécificité, toutes deux supérieures à 95%, pour une population multiethnique incluant des Africains, des Caucasiens et des Asiatiques.

L'ensemble de ces résultats ont conduit le service d'ophtalmologie du CHU d'Abass Ndao à formuler les recommandations suivantes :

Aux autorités :

- Acquérir le logiciel d'IA pour le dépistage de la rétinopathie diabétique.
- Mettre à disposition des ordinateurs et des infrastructures adéquates pour le bon fonctionnement du logiciel.
- Former le personnel médical et paramédical afin qu'ils puissent utiliser efficacement cet outil.
- Financer des programmes de dépistage pour permettre un accès plus large et précoce aux soins.
- Pérenniser le système d'utilisation de l'IA pour assurer une continuité dans le dépistage et le suivi des patients.
- Favoriser l'interconnexion entre les différents établissements de santé pour faciliter le partage d'informations et la collaboration.
- S'assurer que l'IA ne se substitue pas aux praticiens, mais qu'elle soit supervisée par eux.

Aux praticiens :

- Apprendre et maîtriser l'utilisation du logiciel d'IA pour optimiser leurs diagnostics.
- Être motivés à intégrer cette technologie dans leur pratique médicale afin de bénéficier des avantages qu'elle offre en termes de rapidité et de précision de détection.
- Prêter une attention particulière aux implications éthiques liées à l'utilisation de l'IA dans le domaine de la santé. Il est crucial de prendre en compte les questions de confidentialité des données, de consentement éclairé des patients et d'équité dans l'accès aux soins.

4. Conclusion

En conclusion, la rétinopathie diabétique (RD) est une préoccupation majeure en Afrique de l'Ouest, en raison de la prévalence du diabète, des défis posés par les déserts médicaux, ainsi que l'accès limité aux soins de santé. Cependant, le développement de l'Intelligence Artificielle (IA) en santé, en particulier le logiciel d'IA Gaiha Prio Retino+™, offre une solution prometteuse pour le pré-diagnostic de la RD. Grâce à ses algorithmes sophistiqués basés sur la vision par ordinateur et les réseaux de neurones convolutifs, le logiciel peut détecter avec précision la RD référible (mtDR) ainsi que la RD menaçant la vision (vtDR).

En effet, l'étude clinique réalisée au CHU Abass Ndao a démontré que le logiciel Gaiha Prio Retino+™ présente d'excellentes performances, avec une sensibilité et une spécificité supérieure ou égale à 92% et 99% respectivement, pour les deux classes de RD, à savoir la mtDR et la vtDR. Les résultats de l'aire sous la courbe ROC, proches de 1, confirment l'efficacité du logiciel dans sa capacité à distinguer les individus malades des non malades pour ces deux classes.

Ces résultats positifs ouvrent des perspectives prometteuses pour le dépistage précoce de la RD en Afrique de l'Ouest. Cependant, pour assurer une utilisation efficace de l'IA en santé, des collaborations et des partenariats entre gouvernements, organisations internationales, établissements de santé publics et entreprises privées sont essentiels. Ensemble, ils peuvent fournir les ressources nécessaires, former les professionnels de santé locaux et garantir un accès équitable à cette technologie pour améliorer la prise en charge des patients atteints de rétinopathie diabétique dans la région.

Grâce à de tels efforts, l'IA peut véritablement transformer la manière dont les soins de santé sont dispensés et contribuer à réduire les conséquences dévastatrices de la RD sur la population d'Afrique de l'Ouest. En s'appuyant sur les résultats de l'étude clinique, le partenariat entre le service d'ophtalmologie du CHU Abass Ndao et l'entreprise GAIHA marque le début d'une nouvelle ère de collaboration en matière de santé, visant à améliorer la qualité des soins pour tous, quel que soit leur emplacement géographique.

Remerciements

Nous souhaitons exprimer notre gratitude à l'Université Virtuelle de Côte d'Ivoire (UVCI) pour leur contribution précieuse à la mise à disposition de Gaiha Prio Retino+™. Le soutien du CHU Abass Ndao a été essentiel pour la réalisation de l'étude clinique, nous leur adressons nos plus sincères remerciements. Nos remerciements s'étendent également à toutes les personnes dont le dévouement et le professionnalisme ont permis la réalisation de cette étude clinique. Enfin, nous reconnaissons l'importance des efforts déployés par ceux qui ont facilité la communication autour de ce projet. Leur travail a été crucial pour sa visibilité et son succès.

REFERENCES

- [1] Padhy SK, Takkar B, Chawla R, Kumar A. Artificial intelligence in diabetic retinopathy: A natural step to the future. *Indian J Ophthalmol.* 2019 Jul ; 67(7) :1004-1009. doi: 10.4103/ijo.IJO_1989_18. PMID : 31238395 ; PMCID : PMC6611318.
- [2] Grzybowski A, Brona P, Lim G, Ruamviboonsuk P, Tan GSW, Abramoff M, Ting DSW. Artificial intelligence for diabetic retinopathy screening : a review. *Eye (Lond).* 2020 Mar ;34(3) : 451-460. doi: 10.1038/s41433-019-0566-0. Epub 2019 Sep 5. Erratum in : *Eye (Lond).* 2019 Dec 10 ; : PMID : 31488886 ; PMCID : PMC7055592.
- [3] Li S, Zhao R, Zou H. Artificial intelligence for diabetic retinopathy. *Chin Med J (Engl).* 2021 Dec 8 ; 135(3) : 253-260. doi: 10.1097/CM9.0000000000001816. PMID : 34995039 ; PMCID : PMC8812665.
- [4] Abramoff MD, Lou Y, Erginay A, et al. Improved Automated Detection of Diabetic Retinopathy on a Publicly Available Dataset Through Integration of Deep Learning. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2016 ; 57(13) : 5200-6.
- [5] Belleme V, Lim ZW, Lim G, et al. Artificial intelligence using deep learning to screen for referable and vision-threatening diabetic retinopathy in Africa: a clinical validation study. *Lancet Digit Health.* 2019 ; 1(1) : 35-44.
- [6] Bhaskaranand M, Ramachandra C, Bhat S, et al. Automated Diabetic Retinopathy Screening and Monitoring Using Retinal Fundus Image Analysis. *J Diabetes Sci Technol.* 2016 ; 10(2) : 254-61.
- [7] Quellec G, Bazin L, Cazuguel G, et al. Suitability of a Low-Cost, Handheld, Nonmydriatic Retinograph for Diabetic Retinopathy Diagnosis. *Transl Vis Sci Technol. The Association for Research in Vision and Ophthalmology*, 2016 ; 5(2) : 1-11.
- [8] Rajalakshmi R, Subashini R, Anjana RM, et al. Automated diabetic retinopathy detection in smartphone-based fundus photography using artificial intelligence. *Eye.* Nature Publishing Group, 2018 ; 32(6) : 1138-44.
- [9] Rakhlin A. Diabetic Retinopathy detection through integration of Deep Learning classification framework. *Pathology*, 2017 : 1-11.
- [10] Ting DSW, Cheung CY-L, Lim G, et al. Development and Validation of a Deep Learning System for Diabetic Retinopathy and Related Eye Diseases Using Retinal Images From Multiethnic Populations With Diabetes. *JAMA*, 2017 ; 318(22) : 2211-23.