

TELEOPHTALMOLOGIE POUR LE DEPISTAGE DE LA RETINOPATHIE DIABETIQUE DANS LES SOINS DE SANTE PRIMAIRES AU MALI : ETUDE PILOTE DE MISE EN ŒUVRE.

Tele-Ophthalmology For Screening Diabetic Retinopathy In Primary Healthcare In Mali: A Pilot Implementation Study.

Dougnon Amassagou¹, Bakayoko Seydou¹, Bagayoko Cheick Oumar¹, Guindo Soumaïla¹, Coulibaly Abdoulaye², Togo Mamadou Adama², Keita Founé³, Konipo Ali¹, Sangaré Rouky¹, Sidibé Fatoumatra Tata¹, Bah Kadiatou¹, Keita Founé³, Schemann Jean-Francois⁴.

¹ Faculté de Médecine et d'Odonto-Stomatologie, USTTB, Bamako, Mali ; ² Hôpital Nianankoro Fomba, Ségou ; ³ Centre de santé de Référence de Niono ; ⁴ Fondation Ophtalmologique Rothchild France.

Auteur correspondant : Dr Dougnon Amassagou, amassagou@gmail.com

RESUME

Contexte : La rétinopathie diabétique (DR) est l'une des principales causes de déficience visuelle évitable dans le monde et représente un défi croissant pour la santé publique, en particulier dans les pays à revenu faible et intermédiaire. En Afrique subsaharienne, l'accès limité aux ophtalmologistes et la centralisation des services spécialisés retardent souvent le diagnostic et la prise en charge des complications oculaires liées au diabète. La téléophtalmologie s'est imposée comme une stratégie innovante pour améliorer l'accès au dépistage rétinien en permettant l'imagerie rétinienne au niveau des soins primaires avec une interprétation à distance par des spécialistes. **Cette étude visait à** évaluer la mise en oeuvre d'un programme de téléophtalmologie pour le dépistage de la rétinopathie diabétique dans les centres de référence au Mali. **Méthodes :** Une étude transversale rétrospective a été menée à partir de données collectées entre avril 2022 et mars 2023 dans cinq centres de santé référentiels participant à un programme de téléophtalmologie au Mali. Les patients diabétiques assistant aux consultations de suivi de routine ont subi des images rétinienne à l'aide d'une caméra rétinienne basée sur smartphone. Les images étaient transmises via une plateforme numérique sécurisée et interprétées à distance par des ophtalmologistes dans un centre de soins ophtalmologiques tertiaires. Les données collectées comprenaient les caractéristiques sociodémographiques des patients, la qualité de l'image, la classification diagnostique de la rétinopathie diabétique et les recommandations de référence. Des analyses statistiques descriptives ont été réalisées. **Résultats :** Un total de 911 dossiers patients ont été initialement récupérés depuis la plateforme de téléophtalmologie. Après nettoyage des données et vérification de l'éligibilité, 50 patients ont été inclus dans l'analyse finale. L'âge moyen des participants était de $54,6 \pm 12$ ans et les femmes représentaient 75 % de l'échantillon. La majorité des images rétinienne étaient considérées comme interprétables. La rétinopathie diabétique non proliférative a été le diagnostic le plus fréquent, avec des stades minime, modéré et sévère représentant respectivement 42 %, 30 % et 20 % des cas, tandis que la rétinopathie diabétique proliférative a été identifiée chez 8 % des patients. Après interprétation à distance, une orientation vers une consultation spécialisée en ophtalmologie a été recommandée pour 54 % des patients. **Conclusion :** La téléophtalmologie semble être une approche réalisable pour intégrer le dépistage de la rétinopathie diabétique dans les services de soins primaires au Mali. En facilitant la détection précoce et en améliorant les voies de référence, cette stratégie pourrait renforcer la prestation des soins oculaires et contribuer à réduire la déficience visuelle évitable chez les personnes diabétiques dans des contextes à ressources limitées. **Mots clés :** Téléophtalmologie ; Rétinopathie diabétique ; Recherche sur les services de santé ; Organisation des soins ; Parcours de soins des patients.

ABSTRACT

Background: Diabetic retinopathy (DR) is one of the leading causes of preventable visual impairment worldwide and represents a growing public health challenge, particularly in low- and middle-income countries. In sub-Saharan Africa, limited access to ophthalmologists and the centralization of specialized services often delay the diagnosis and management of diabetic-related ocular complications. Tele-ophthalmology has emerged as an innovative strategy to improve access to retinal screening by enabling retinal imaging at the primary care level with remote interpretation by specialists. **This study aimed** to evaluate the implementation of a tele-ophthalmology program for diabetic retinopathy screening in referral centers in Mali. **Methods:** A retrospective cross-sectional study was conducted using data collected between April 2022 and March 2023 in five referral health centers participating in a tele-ophthalmology program in Mali. Diabetic patients attending routine follow-up appointments underwent retinal imaging using a smartphone-based retinal camera. The images were transmitted via a secure digital platform and interpreted remotely by ophthalmologists at a tertiary eye care center. The data collected included diabetic patients' sociodemographic characteristics, image quality, diagnostic classification of diabetic retinopathy, and referral recommendations. Descriptive statistical analyses were performed. **Results:** A total of 911 patient records were initially retrieved from the

teleophthalmology platform. After data cleaning and eligibility verification, 50 patients were included in the final analysis. The mean age of participants was 54.6 ± 12 years, and women comprised 75% of the sample. The majority of retinal images were considered interpretable. Non-proliferative diabetic retinopathy was the most frequent diagnosis, with minimal, moderate, and severe stages representing 42%, 30%, and 20% of cases, respectively, while proliferative diabetic retinopathy was identified in 8% of patients. Following remote interpretation, referral to a specialist ophthalmology consultation was recommended for 54% of patients. Conclusion: Teleophthalmology appears to be a feasible approach for integrating diabetic retinopathy screening into primary care services in Mali. By facilitating early detection and improving referral pathways, this strategy could strengthen the delivery of eye care and contribute to reducing avoidable visual impairment in people with diabetes in resource-limited settings.

Keywords: Teleophthalmology; Diabetic retinopathy; Health services research; Organization of care; Patient care pathways.

INTRODUCTION

La rétinopathie diabétique (RD) constitue l'une des principales complications microvasculaires du diabète sucré et représente une cause majeure de déficience visuelle évitable dans le monde [1-3]. L'augmentation rapide de la prévalence du diabète au cours des dernières décennies a entraîné une croissance importante des complications oculaires associées [4-6]. Selon la Fédération Internationale du Diabète, environ 537 millions d'adultes vivaient avec le diabète en 2021 et ce nombre devrait atteindre 643 millions d'ici 2030, avec une augmentation particulièrement marquée dans les pays à revenu faible et intermédiaire [1,2]. Cette tendance constitue un défi majeur pour les systèmes de santé, notamment dans les régions où les ressources médicales et les infrastructures spécialisées sont limitées [7-10].

La rétinopathie diabétique résulte de lésions progressives de la microcirculation rétinienne liées à l'hyperglycémie chronique [11,12]. Ces altérations vasculaires peuvent conduire à des complications sévères telles que l'œdème maculaire diabétique, les hémorragies intravitréennes et la rétinopathie proliférante, pouvant entraîner une perte visuelle irréversible en l'absence de diagnostic et de traitement précoces [13,14]. On estime qu'environ un tiers des patients diabétiques présentent une forme de rétinopathie diabétique et qu'environ 10 % développent une forme menaçant la vision [15]. La progression de la maladie étant souvent asymptomatique aux stades précoces, le dépistage systématique constitue une stratégie essentielle pour prévenir la cécité liée au diabète [16].

Dans les pays à revenu élevé, la mise en place de programmes structurés de dépistage de la rétinopathie diabétique a permis d'améliorer significativement la détection précoce des lésions rétiniennes et de réduire l'incidence de la cécité évitable [17]. Ces programmes reposent généralement sur l'utilisation de photographies numériques du fond d'œil réalisées par du personnel formé et interprétées par des spécialistes. Cependant, la mise en œuvre de programmes similaires dans les pays à

ressources limitées reste confrontée à plusieurs défis organisationnels et structurels.

En Afrique subsaharienne, l'accès aux soins ophtalmologiques spécialisés demeure limité en raison du faible nombre d'ophtalmologistes, de la concentration des services spécialisés dans les centres hospitaliers universitaires et des contraintes géographiques rencontrées par les populations rurales [18,19]. Ces obstacles contribuent fréquemment à un diagnostic tardif de la rétinopathie diabétique, souvent à des stades avancés où les possibilités thérapeutiques sont plus limitées et les risques de perte visuelle plus élevés.

Au Mali, la prévalence du diabète est estimée entre 3 % et 5 % de la population adulte, et cette proportion est en augmentation avec l'urbanisation et les changements de mode de vie. Les services ophtalmologiques spécialisés sont principalement concentrés dans les centres hospitaliers universitaires, notamment au Centre Hospitalier Universitaire Institut d'Ophtalmologie Tropicale d'Afrique (CHU-IOTA) à Bamako. Cette centralisation limite l'accès des populations vivant dans les régions périphériques aux services de dépistage et de suivi des complications oculaires du diabète [2, 8].

Face à ces contraintes, la télémédecine apparaît comme une approche innovante pour améliorer l'accès aux soins spécialisés. L'Organisation mondiale de la santé définit la télémédecine comme la fourniture de services de santé à distance grâce aux technologies de l'information et de la communication, permettant l'échange d'informations médicales nécessaires au diagnostic et à la prise en charge des patients [10]. Dans le domaine de l'ophtalmologie, la téléophtalmologie permet la capture d'images du fond d'œil au niveau des structures de soins primaires et leur transmission à distance pour interprétation par des spécialistes [21].

Au cours des dernières années, plusieurs études ont montré que la téléophtalmologie constitue une stratégie efficace pour améliorer la couverture du dépistage de la rétinopathie diabétique et faciliter l'identification précoce des patients nécessitant une prise en charge spécialisée [22,23]. Les systèmes de

télé-dépistage basés sur la photographie numérique du fond d'œil ont démontré une précision diagnostique élevée, avec des performances comparables aux examens ophtalmologiques traditionnels [24]. De plus, l'utilisation de caméras rétinienne portables et de dispositifs d'imagerie basés sur smartphone permet désormais de réaliser des examens de dépistage dans les structures de soins primaires et dans des zones rurales éloignées [25].

Malgré ces avancées technologiques, les données concernant l'intégration de la téléophtalmologie dans les systèmes de santé africains restent encore limitées. Il existe peu d'études évaluant la faisabilité et l'organisation de ces programmes dans les structures de soins primaires en Afrique subsaharienne.

Dans ce contexte, la présente étude vise à évaluer la mise en œuvre d'un programme pilote de téléophtalmologie pour le dépistage de la rétinopathie diabétique dans plusieurs centres de santé de référence au Mali. Plus spécifiquement, cette étude cherche à décrire les caractéristiques des patients dépistés, à analyser la qualité des images rétinienne obtenues dans les structures de soins primaires et à examiner les décisions d'orientation vers les services spécialisés après interprétation des images.

METHODES

Contexte et cadre conceptuel de l'étude : Cette étude a été réalisée à partir des données de la plateforme créée et concernant quatre (4) centres de santé de référence (CSRéf) de la région de Ségou et quatre (4) centres de santé de référence (CSRéf) du District de Bamako en collaboration avec le Centre d'Expertise et de Recherche en Télémédecine et E-santé (CERTES) de Bamako.

Cette étude s'inscrit dans une perspective de recherche sur les services de santé (Health Services Research) visant à évaluer l'organisation, l'efficacité et l'accessibilité des services de dépistage de la rétinopathie diabétique dans un contexte de ressources limitées.

L'évaluation repose sur un modèle de prestation de soins basé sur la téléophtalmologie, permettant l'acquisition d'images rétinienne au niveau des soins primaires et leur interprétation à distance par des spécialistes.

Cadre et sites de l'étude : L'étude a été réalisée dans plusieurs centres de santé de référence (CSRéf) participant au programme pilote de téléophtalmologie au Mali.

Les centres participants comprenaient :

Pour Bamako : CSRéf Commune II, CSRéf Commune III, CSRéf Commune IV et CSRéf Commune VI

Pour la région de Segou : CSRéf Niono, CSRéf Bla, CSRéf Markala et CSRéf San

Ces structures assurent la prise en charge des patients diabétiques et constituent le second niveau de référence du système de santé.

L'interprétation des images rétinienne était assurée par des ophtalmologistes du Centre Hospitalier Universitaire – Institut d'Ophtalmologie Tropicale d'Afrique (CHU-IOTA).

Le système de téléophtalmologie reposait sur un modèle organisationnel, dans lequel les centres de santé périphériques transmettent les images vers un centre spécialisé.

Type et période d'étude : Il s'agissait d'une étude observationnelle transversale descriptive à collecte rétrospective, visant à évaluer la faisabilité et l'efficacité organisationnelle d'un programme de téléophtalmologie.

La période d'étude s'étendait du 1er avril 2022 au 30 mars 2023.

Population d'étude : La population étudiée comprenait les patients diabétiques suivis dans les centres de santé participants et ayant bénéficié d'un dépistage de la rétinopathie diabétique via la plateforme de téléophtalmologie.

Les patients étaient recrutés lors des consultations de routine pour le suivi du diabète.

Échantillonnage : Un échantillonnage exhaustif a été réalisé.

Tous les patients diabétiques ayant bénéficié d'un examen du fond d'œil via la plateforme pendant la période d'étude ont été considérés.

Critères d'inclusion : Ont été inclus :

- les patients ayant un diagnostic confirmé de diabète sucré
- les patients ayant bénéficié d'un examen du fond d'œil par téléophtalmologie
- les patients suivis dans les centres de santé participants
- les patients ayant donné leur consentement éclairé.

Critères de non-inclusion : Ont été exclus :

- les dossiers médicaux incomplets
- les images rétinienne non interprétables
- les patients suivis pour des pathologies oculaires non liées au diabète.

Description de l'intervention : programme de téléophtalmologie :

Le programme de téléophtalmologie reposait sur trois étapes principales :

- Acquisition des images rétinienne

Les images du fond d'œil étaient réalisées dans les centres de santé à l'aide d'un système d'imagerie rétinienne basé sur smartphone.

Pour chaque patient :

- création d'un dossier électronique
- acquisition d'images de la macula et de la papille
- vérification de la qualité des images.
- Transmission des images

Les images étaient transférées vers une plateforme numérique sécurisée via une connexion internet.

□ Interprétation à distance

Les images étaient interprétées par des ophtalmologistes du CHU-IOTA.

Les résultats incluait :

- le diagnostic
- la classification de la rétinopathie diabétique
- les recommandations de suivi ou d'orientation.

Compte tenu de la grande différence entre le nombre d'enregistrements initialement extraits de la plateforme téléophtalmologique et l'échantillon analytique final, une analyse dédiée de l'attrition des données a été réalisée comme composante centrale de cette étude de mise en œuvre.

L'attrition a été définie comme la proportion de dossiers de patients exclus entre l'extraction initiale et l'inclusion finale.

Un cadre conceptuel issu des systèmes de santé et de la science de la mise en œuvre a été utilisé pour classer les causes de l'attrition en trois domaines :

□ Facteurs techniques : défaillance d'acquisition d'image (flou, faible éclairage, champs incomplets), problèmes de transmission des données (instabilité de connectivité, échec de téléversement), et perte de données liée à la plateforme ou enregistrements incomplets.

□ Facteurs humains : formation insuffisante de l'opérateur, variabilité des compétences d'acquisition d'images, et non-respect des protocoles standardisés d'imagerie et de saisie de données.

□ Facteurs organisationnels et de parcours de soins : intégration incomplète du dépistage dans les soins routiniers du diabète, inclusion incohérente des patients, interruptions de flux de travail et exigences cliniques concurrentes.

Lorsque possible, les catégories d'exclusion ont été quantifiées de manière descriptive. Cette analyse visait à identifier les goulets d'étranglement au niveau système affectant la fidélité de l'implémentation et l'exhaustivité des données.

Variables étudiées

Variables sociodémographiques

- âge
- sexe
- centre de santé d'origine

Variables cliniques

- type de diabète selon les critères ETDRS (l'Early Treatment Diabetic Retinopathy Study)
- ancienneté du diabète
- hypertension artérielle
- tabagisme
- traitement antidiabétique.

Variables liées au programme

- qualité des images
 - diagnostic de rétinopathie diabétique
 - recommandations de prise en charge.
- Indicateurs d'efficacité des services de santé Afin d'évaluer la performance organisationnelle du programme, plusieurs indicateurs d'efficacité des services de santé ont été analysés.

Indicateurs d'accès aux soins

- proportion de patients diabétiques dépistés
- intégration du dépistage dans les consultations de routine
- réduction des déplacements vers les centres spécialisés.

Indicateurs d'efficacité organisationnelle

- délai moyen d'interprétation des images
- proportion d'images interprétables
- proportion de patients nécessitant une référence spécialisée.

Indicateurs d'optimisation des ressources

- réduction des consultations spécialisées inutiles
- amélioration du triage des patients
- meilleure utilisation des ressources ophtalmologiques.

Indicateurs de parcours de soins

- nombre de consultations nécessaires pour le diagnostic
- délai entre dépistage et décision clinique
- proportion de patients orientés vers un spécialiste.

Collecte des données

Les données ont été collectées à partir de :

- la plateforme de téléophtalmologie
- les dossiers médicaux des patients
- une fiche d'enquête standardisée.

Les données ont été anonymisées avant l'analyse.

Analyse statistique

Les données ont été analysées avec SPSS version 22.0

Les analyses comprenaient :

- statistiques descriptives (fréquences, proportions, moyennes)
- analyses bivariées utilisant le test du Chi-carré ou le test exact de Fisher.

Le seuil de significativité statistique était fixé à $p < 0,05$.

Considérations éthiques

L'étude a été réalisée conformément aux principes éthiques de la recherche biomédicale. Les mesures suivantes ont été respectées :

- consentement libre et éclairé des patients
- anonymisation des données
- confidentialité des informations médicales
- utilisation des données uniquement à des fins scientifiques.

RESULTATS

Un total de 911 dossiers patients ont été récupérés sur la plateforme de téléophtalmologie. Après nettoyage des données, évaluation d'éligibilité et exclusion des dossiers incomplets et des images non interprétables, seuls 50 patients ont été inclus dans l'analyse finale, correspondant à un taux d'attrition de 94,5 %.

Cette attrition importante reflète des pertes survenant à plusieurs étapes du flux de travail de la téléophtalmologie, y compris l'acquisition d'images, la transmission de données et l'enregistrement des données.

La majorité des patients était de sexe féminin, représentant 75 % de l'échantillon, contre 25 % d'hommes, soit un sex-ratio H/F de 0,35.

L'âge moyen des patients était de $54,6 \pm 12$ ans. La tranche d'âge 40-60 ans était la plus représentée, avec 56 % des patients, suivie des patients âgés de plus de 60 ans (28 %) (Fig1).

Les patients provenaient principalement des centres de santé de référence du district de Bamako. (Tab1)

Les CSRéf Commune III et Commune VI représentaient chacun 38 % des patients. Les autres centres étaient le CSRéf Niono (10 %), le CSRéf Commune II (10 %) et le CSRéf Bla (2 %) (Fig2).

La majorité des patients présentait un diabète de type 2, représentant 82 % des cas, contre 18 % de diabète de type 1 (Fig3).

L'ancienneté du diabète était inférieure à cinq ans dans 62 % des cas, tandis que 38 % des patients présentaient une durée d'évolution supérieure à cinq ans.

L'hypertension artérielle était retrouvée chez 52 % des patients, tandis que 6 % déclaraient être tabagiques.

Concernant la prise en charge thérapeutique, 12 % des patients étaient sous insulinothérapie, tandis que 88 % n'étaient pas sous traitement antidiabétique au moment de l'étude.

La qualité des images rétinienne obtenues par téléophtalmologie est présentée dans les Tableaux 2 et 3.

Pour l'œil droit : (Tab2)

- les images de la macula étaient de bonne qualité dans 70 % des cas,
- les images de la papille étaient de bonne qualité dans 76 % des cas.

Pour l'œil gauche : (Tab3)

- les images de la macula étaient de bonne qualité dans 66 % des cas,
- les images de la papille étaient de bonne qualité dans 68 % des cas.

La distribution de la qualité des images est illustrée dans la Figure 4.

La distribution des stades de rétinopathie diabétique diagnostiqués par téléophtalmologie est présentée dans la Figure 5.

La rétinopathie diabétique non proliférante minime (RDNPMi) constituait la forme la plus fréquente avec 42 % des cas, suivie de la forme modérée (30 %) et de la forme sévère (20 %).

La rétinopathie diabétique proliférante représentait 8 % des cas.

Les recommandations formulées après interprétation des images rétinienne sont présentées dans le Tableau 4.

Une consultation spécialisée rapide a été recommandée pour 54 % des patients.

Les autres patients ont été orientés vers un suivi avec :

- un contrôle à 6 mois pour 6 % des patients,
- un contrôle à 12 mois pour 38 %,
- un contrôle à 24 mois pour 2 %.

Parcours de soins et efficacité : Une consultation ophtalmologique en présentiel a été recommandée pour 54 % des patients, permettant de prioriser les cas les plus avancés.

DISCUSSION

Cette étude avait pour objectif d'évaluer la mise en œuvre d'un programme de téléophtalmologie pour le dépistage de la rétinopathie diabétique dans les centres de santé de référence au Mali. Les résultats montrent que l'intégration du dépistage par imagerie rétinienne dans les consultations de routine des patients diabétiques est réalisable dans les structures de soins primaires et permet d'améliorer l'accès à l'expertise ophtalmologique spécialisée.

Le niveau extrêmement élevé d'attrition des données observé dans cette étude représente une conclusion centrale plutôt qu'une limitation méthodologique. Dans la recherche en mise en œuvre, la complétude des données est un indicateur proxy de la performance et de la fidélité du système. La perte de plus de 90 % des dossiers initialement capturés suggère que la voie de la téléophtalmologie n'était pas encore pleinement stabilisée dans la prestation de soins de routine.

La majorité des patients inclus dans l'étude était constituée de femmes (75 %), avec un âge moyen de $54,6 \pm 12$ ans. Des distributions similaires ont été rapportées dans plusieurs études africaines sur la rétinopathie diabétique, où les femmes représentent une proportion importante des patients suivis dans les structures de soins primaires [3,5].

La tranche d'âge la plus représentée dans notre étude était celle de 40 à 60 ans. Cette distribution est cohérente avec les tendances épidémiologiques du diabète observées au niveau mondial. Selon l'International Diabetes Federation, la prévalence du diabète augmente significativement à partir de l'âge de 40 ans et atteint son maximum dans les groupes d'âge intermédiaires [2].

Dans une revue systématique portant sur l'épidémiologie du diabète en Afrique subsaharienne, Hall et al. ont montré que la prévalence du diabète a fortement augmenté au cours des deux dernières décennies en raison des transitions démographiques et des changements des modes de vie [8]. Cette évolution entraîne une augmentation parallèle des complications oculaires du diabète.

Dans notre étude, la rétinopathie diabétique non proliférante minime représentait la forme la plus fréquente (42 %), suivie de la forme modérée (30 %) et de la forme sévère (20 %). Les formes proliférantes représentaient 8 % des cas. Ces résultats sont cohérents avec ceux rapportés dans la littérature africaine. Une revue systématique menée par Burgess et al. a montré que la prévalence de la rétinopathie diabétique en Afrique subsaharienne varie entre 20 % et 40 %, avec une prédominance des formes non proliférantes [1]. Des résultats similaires ont également été observés dans des études réalisées en Érythrée et au Ghana [3,4]. La qualité des images rétinienne obtenues dans les structures de soins primaires était jugée satisfaisante dans la majorité des cas. Ce résultat confirme la faisabilité de l'acquisition d'images rétinienne par du personnel non spécialiste dans les programmes de téléophtalmologie.

Plusieurs études internationales ont montré que les systèmes de dépistage par téléophtalmologie présentent une précision diagnostique élevée pour la détection de la rétinopathie diabétique [17,18]. Une méta-analyse récente a notamment démontré que le dépistage télé-rétinien présente une sensibilité et une spécificité comparables à celles de l'examen ophtalmologique en présentiel [18].

La téléophtalmologie permet d'optimiser l'organisation des parcours de soins en facilitant l'accès à l'expertise spécialisée. Dans notre étude, plus de la moitié des patients (54 %) ont été orientés vers une consultation spécialisée après interprétation des images rétinienne.

Cette stratégie d'orientation ciblée est cohérente avec les résultats observés dans plusieurs programmes de dépistage internationaux. Le programme de télé-rétinopathie de Toronto a notamment montré que la téléophtalmologie permet d'identifier efficacement les patients nécessitant une prise en charge spécialisée [29]. Dans les pays à revenu élevé, la téléophtalmologie est devenue un outil majeur pour améliorer la couverture du dépistage de la rétinopathie diabétique. Plusieurs programmes nationaux ont été mis en place en Europe et en Amérique du Nord afin d'intégrer le dépistage dans les soins primaires [13,16].

Au Royaume-Uni, le programme national de dépistage de la rétinopathie diabétique a permis

d'augmenter considérablement la couverture du dépistage et de réduire l'incidence de la cécité liée au diabète [32].

Dans les pays à revenu faible et intermédiaire, la téléophtalmologie apparaît également comme une stratégie prometteuse pour améliorer l'accès aux soins oculaires. Une étude menée en Afrique subsaharienne a montré que les programmes de téléophtalmologie peuvent améliorer la détection précoce de la rétinopathie diabétique dans les zones rurales [23, 30, 31]. Les progrès récents des technologies numériques et de l'intelligence artificielle offrent de nouvelles opportunités pour améliorer le dépistage de la rétinopathie diabétique. Les systèmes d'intelligence artificielle basés sur l'apprentissage profond peuvent analyser automatiquement les images rétinienne et détecter les lésions associées à la rétinopathie diabétique avec une précision élevée [19,26, 32]. L'intégration de ces technologies dans les programmes de téléophtalmologie pourrait permettre d'améliorer l'efficacité des systèmes de dépistage, en particulier dans les contextes où le nombre d'ophtalmologistes est limité [33]. Dans les pays africains, l'offre de soins ophtalmologiques reste fortement concentrée dans les centres hospitaliers universitaires. Cette centralisation limite l'accès aux soins spécialisés pour les populations rurales [34, 35].

L'attrition résultait probablement de l'interaction de contraintes techniques, humaines et organisationnelles plutôt que d'un facteur dominant unique.

Premièrement, les défis techniques en particulier dans l'acquisition d'images et la transmission de données sont des obstacles bien documentés dans les programmes de téléophtalmologie en phase initiale, notamment dans des contextes à ressources limitées.

Deuxièmement, les facteurs humains semblent critiques. La variabilité des compétences des opérateurs et le respect incomplet des protocoles suggèrent que les mécanismes de formation et de supervision étaient insuffisants pour assurer une performance cohérente sur plusieurs sites.

Troisièmement, les contraintes organisationnelles, notamment une mauvaise intégration dans les flux de travail de soins quotidiens du diabète et des priorités cliniques concurrentes, ont probablement contribué à une inclusion incohérente des patients et à une collecte de données incomplète.

Bien que l'étude démontre la faisabilité clinique de la téléophtalmologie en soins primaires, l'attrition observée met en lumière un écart significatif entre la faisabilité et la mise en œuvre évolutive. En d'autres termes, l'intervention est techniquement viable mais opérationnellement fragile. Cette distinction est

cruciale pour les décideurs politiques, car les résultats réussis des pilotes ne se traduisent pas nécessairement par des programmes efficaces à grande échelle sans un renforcement substantiel du système.

L'intégration de la téléophtalmologie dans les systèmes de santé pourrait contribuer à améliorer la coordination entre les différents niveaux de soins et à réduire les inégalités d'accès aux services ophtalmologiques [7,24].

Limites de l'étude

Certaines limites doivent être prises en compte dans l'interprétation des résultats. La taille relativement limitée de l'échantillon réduit la généralisation des résultats. Par ailleurs, le caractère rétrospectif de l'étude ne permet pas d'évaluer l'impact à long terme du programme sur la réduction de la cécité liée au diabète.

Aussi, l'attrition résultait probablement de l'interaction de contraintes techniques, humaines et organisationnelles plutôt que d'un facteur dominant unique.

Premièrement, les défis techniques en particulier dans l'acquisition d'images et la transmission de données sont des obstacles bien documentés dans les programmes de téléophtalmologie en phase initiale, notamment dans des contextes à ressources limitées.

Deuxièmement, les facteurs humains semblent critiques. La variabilité des compétences des opérateurs et le respect incomplet des protocoles suggèrent que les mécanismes de formation et de supervision étaient insuffisants pour assurer une performance cohérente sur plusieurs sites.

Troisièmement, les contraintes organisationnelles, notamment une mauvaise intégration dans les flux de travail de soins quotidiens du diabète et des priorités cliniques concurrentes, ont probablement contribué à une inclusion incohérente des patients et à une collecte de données incomplète.

Perspectives

Cette étude pilote ne doit donc pas être interprétée uniquement comme une évaluation de la performance diagnostique, mais comme une analyse des contraintes de mise en œuvre dans un contexte réel de système de santé.

En documentant explicitement la forte attrition et ses déterminants probables, cette étude offre des éclairages essentiels sur les conditions nécessaires au déploiement réussi de la téléophtalmologie en Afrique subsaharienne.

Des études prospectives à plus grande échelle sont nécessaires afin d'évaluer l'efficacité et le rapport coût-efficacité des programmes de téléophtalmologie dans les systèmes de santé africains.

CONCLUSION

Cette étude pilote donne la piste que la téléophtalmologie constitue une des stratégies pour intégrer le dépistage de la rétinopathie

diabétique dans les soins de santé primaires au Mali. En améliorant l'accès au diagnostic précoce et en optimisant l'orientation vers les services spécialisés, cette approche pourrait contribuer à réduire la charge de la déficience visuelle évitable liée au diabète dans les contextes à ressources limitées. L'intégration de la téléophtalmologie dans les programmes nationaux de lutte contre le diabète représente ainsi une opportunité stratégique pour renforcer les systèmes de santé et prévenir la cécité évitable en Afrique.

Déclarations

Approbation éthique et consentement à participer : Approuvé par les autorités institutionnelles compétentes.

Consentement à la publication : Sans objet.

Disponibilité des données et du matériel : Disponibles auprès de l'auteur correspondant sur demande raisonnable.

Conflicts d'intérêts : Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêts. Financement : Cette étude n'a bénéficié d'aucun financement spécifique. Contributions des auteurs : Tous les auteurs ont contribué à la conception de l'étude, à l'analyse des données et à la rédaction du manuscrit.

Tableaux et figures

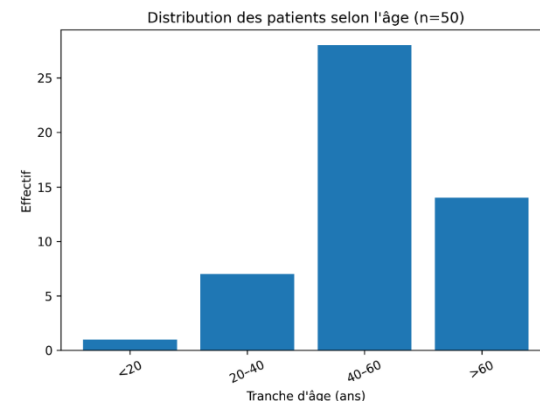


Figure 1: Distribution des Patients selon l'âge

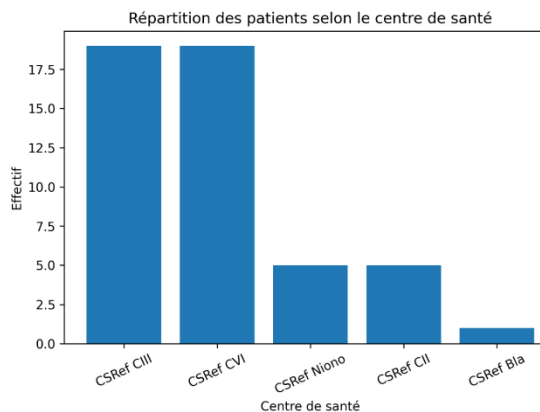


Figure 2: Répartition selon le centre de santé

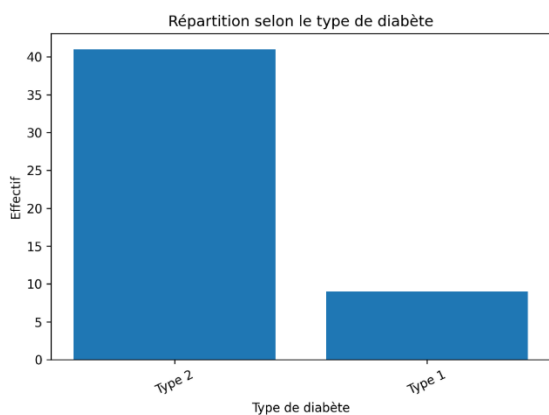


Figure 3: Type de diabète des patients

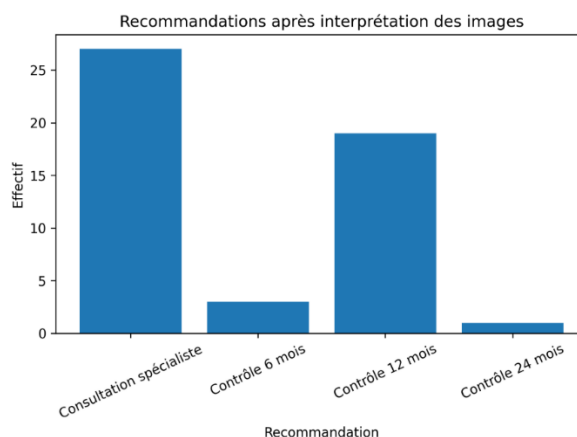


Figure 6: Recommandations cliniques

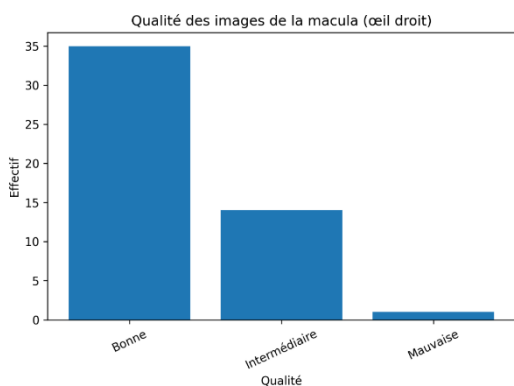


Figure 4: Qualité des images rétiennes

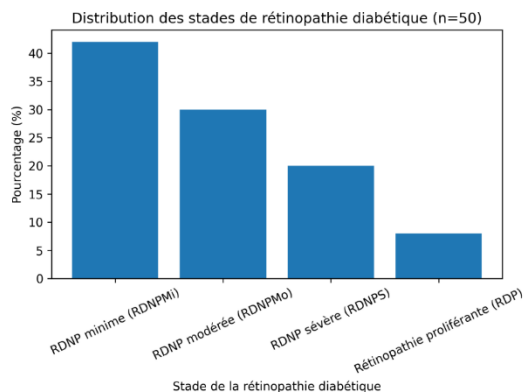


Figure 5: Stade de rétinopathie diabétique

Tableau I: Répartition des patients selon le centre de santé.

Centre de santé	Effectif	%
CSRéf Commune III	19	38,0
CSRéf Commune VI	19	38,0
CSRéf de Niono	05	10,0
CSRéf Commune II	05	10,0
CSRéf de Bla	01	02,0
Total	50	100,0

Tableau II: Répartition des patients selon la qualité de macula et de la papilla de l'œil droit

	Effectif (n=50)	%
Qualité de macula de l'œil droit		
Bonne	35	70,0
Intermédiaire	14	28,0
Mauvaise	01	02,0
Qualité de l'image papille de l'œil droit		
Bonne	38	76,0
Intermédiaire	11	22,0
Mauvaise	01	02,0

Tableau III : Répartition des patients selon la qualité de macula et de la papilla de l'œil gauche

	Effectif (n=50)	%
Qualité de macula de l'œil gauche		
Bonne	33	66,0
Intermédiaire	14	28,0
Mauvaise	03	06,0
Qualité de l'image papille l'œil gauche		
Bonne	34	68
Intermédiaire	13	26
Mauvaise	03	06

Tableau IV : Répartition des patients selon les recommandations de l'interpréteur de l'image

Recommandation	Effectif	%
Prévoir rapidement un RDV avec un spécialiste	27	54,0
Refaire l'examen dans 06 mois	03	06,0
Refaire l'examen dans 12 mois	19	38,0
Refaire l'examen dans 24 mois	01	02,0
Total	50	100,0

Tableau V. Comparaison des parcours de soins des patients avant et après la mise en œuvre de la téléophtalmologie

Indicateur	Voie conventionnelle	Parcours de téléophtalmologie	Gain d'efficacité
Nombre de visites requises	2 à 3 visites	1 visite	Réduction de la charge du patient
Délai moyen pour obtenir un avis spécialisé	Plusieurs semaines	48 à 72 heures	Décision clinique plus rapide
Voyage vers un centre d'enseignement supérieur	Systématique	Sélectif	Réduction des orientations inutiles
Temps d'attente dans un centre de soins tertiaires	Long	Plus court	Flux de patients optimisé

RÉFÉRENCES

1. Burgess PI, MacCormick IJC, Harding SP, Bastawrous A, Beare NAV, Garner P. Epidemiology of diabetic retinopathy and maculopathy in Africa: a systematic review.

Diabet Med. 2013;30(4):399-412. doi:10.1111/j.1464-5491.2012.03756.x.

2. International Diabetes Federation. IDF diabetes atlas. 10th ed. Brussels: IDF; 2021.

3. Bastola P, Kahsay F, Zewengiel S. Prevalence of diabetic retinopathy, risk factors and visual impairment among patients with diabetes mellitus presenting to Berhan Aini National Referral Hospital, Eritrea. J Chitwan Med Coll. 2016;6(18):37-46.

4. Akpalu JA. Magnitude, pattern and level of awareness of diabetic retinopathy at Korle-Bu Teaching Hospital Accra-Ghana [dissertation]. Nairobi: University of Nairobi; 2011.

5. Glover SJ, Burgess PI, Cohen DB, Harding SP, Hofland HWC, Zijlstra EE, et al. Prevalence of diabetic retinopathy, cataract and visual impairment in patients with diabetes in sub-Saharan Africa. Br J Ophthalmol. 2012;96(2):156-161. doi:10.1136/bjo.2010.196071.

6. Sidibé EH. Rétinopathie diabétique à Dakar et revue de la littérature africaine: éléments épidémiologiques. Diabetes Metab. 2000 ; 26(4) : 322-324.

7. Bouenizabila E, Krempf M. Le numérique et l'Afrique: le pari gagnant pour la santé de demain? Exemple du dépistage de la rétinopathie diabétique. Med Mal Metab. 2018;12(7):595-598. doi:10.1016/S1957-2557(18)30155-X.

8. Hall V, Thomsen RW, Henriksen O, Lohse N. Diabetes in sub-Saharan Africa 1999-2011: epidemiology and public health implications. BMC Public Health. 2011;11:564.

9. Ballo AT. Aspects épidémiologiques de la rétinopathie diabétique à l'IOTA de décembre 2006 à juillet 2007 [thèse]. Bamako: Université de Bamako; 2009.

10. Niyonsavye L. Knowledge, attitudes and practices on diabetic retinopathy among general practitioners in district and regional hospitals in the North region of Burundi [thesis]. Burundi; 2015.

11. Northwood M, Shah AO, Abeysunawardena C, Garnett A. Care coordination of older adults with diabetes: a scoping review. Can J Diabetes. 2023;47(3):272-286. doi:10.1016/j.jcjd.2022.11.004.

12. Abou Taha A, Aleman TS, Chiang MF, Keenan TDL. Present and future screening programs for diabetic retinopathy? Curr Opin Ophthalmol. 2024;35(8):178-185.

13. Curran DM, Epley KD, Dittmer AJ, Lam BL. Telehealth screening for diabetic retinopathy: current perspectives and future directions. Can J Diabetes. 2022;46(6):649-654.

14. Conde TP, Al-Kharashi AS, Yau JWY, Rogers SL. Effectiveness of telemedicine screening for diabetic retinopathy: systematic review and meta-analysis. Diabetes Care. 2023;46(4):1012-1020.

15. Rahmati M, Moghaddam AS, Bitarafan S. Global adherence to diabetic retinopathy screening guidelines: a systematic review. *Diabet Med.* 2024;41(2):e15132.
16. Land MR, Tan JCH, Ting DSW. Telemedicine approaches to diabetic retinopathy screening and management. *Lancet Digit Health.* 2023;5(5):e324-e333.
17. Yuen J, Bursztyń LLCD, Cheung CYL. Telehealth in ophthalmology: opportunities and challenges. *Ophthalmology.* 2022;129(7):760-768.
18. Far PM, McKay KM, Wang S, et al. Diagnostic accuracy of teleretinal screening for diabetic retinopathy: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open.* 2022;5(6):e2217306.
19. Chokshi T, Daskivich LP, Ting DSW. Artificial intelligence and teleophthalmology in diabetic retinopathy screening. *Prog Retin Eye Res.* 2024;90:101090.
20. Kanavos T, Sutherland S, Rogers S. Digital health integration in diabetic retinopathy screening programs. *BMJ Health Care Inform.* 2024;31(1):e100841.
21. Lieng MK, Zafar S, Silva PS. Teleophthalmology to improve early access to eye care services. *Surv Ophthalmol.* 2024;69(3):458-468.
22. Ha SK, Kim YJ, Park KH. Community-based teleretinal screening for diabetic retinopathy in primary care. *BMC Ophthalmol.* 2023;23:456.
23. Carvalho JX, Rodrigues MW, Moraes G. Teleophthalmology in primary healthcare services: implementation and outcomes. *Telemed J E Health.* 2023;29(10):1534-1541.
24. Zikhali T, Pillay K, Mkhize N. Teleophthalmology screening for diabetic retinopathy in sub-Saharan Africa. *BMC Health Serv Res.* 2022;22:1047.
25. Song A, Keenan TDL, Chiang MF. Advances in teleophthalmology screening for diabetic retinopathy. *Ophthalmol Sci.* 2024;4(2):100336.
26. Hayati A, Ting DSW, Abramoff MD. Artificial intelligence-based screening for diabetic retinopathy: clinical applications and future perspectives. *Diagnostics (Basel).* 2023 ; 13 (7) : 1256.
27. Cellule de planification et de statistique (CPS). Indicateurs de santé du Mali. Bamako: Ministère de la Santé; 2022.
28. Nguyen M, Stamenova V, Onabajo N, Merritt R. Perceptions of a teleophthalmology screening program for diabetic retinopathy in adults with type 1 and type 2 diabetes in urban primary care settings. *Can J Diabetes.* 2022;46(7):649-654.
29. Cao J, Felfeli T, Merritt R, Brent MH. Sociodemographics associated with risk of diabetic retinopathy detected by teleophthalmology: five-year results of the Toronto tele-retinal screening program. *Can J Diabetes.* 2022;46(1):26-31.
30. Diby FK, Adoubi A, Gnaba A, Téléeexpertise dans l'interprétation de l'électrocardiogramme d'une population africaine en Côte d'Ivoire. *Eur Res Telemed.* 2015;4(4):109-117.
31. Adambounou K, Farin F, Adjenou V. Plateforme de télémedecine à moindre coût pour les pays en développement. *Eur Res Telemed.* 2013;2(2):49-56.
32. Ganapathy K. Technology-enabled remote healthcare in public-private partnership mode: a story from India. New York: Springer; 2018.
33. Woś R, Sys D. Application of telemedicine in emergency ophthalmology. *J Fr Ophtalmol.* 2025;48(9).
34. Pastakia SD, Pekny CR, Manyara SM, Fischer L. Diabetes in sub-Saharan Africa: from policy to practice to progress. *Diabetes Metab Syndr Obes.* 2017;10:247-263.
35. Olajide DR, Sobande O. Comparative study of health-related quality of life of adults with diabetes mellitus within and outside support groups in Lagos State [thesis]. Lagos: National Postgraduate