

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Oran 1 - Ahmed Ben Bella

Institut des Sciences et Techniques Appliquées

Département de physique appliquée et optique

Projet présenté à l'institut des Sciences et Technique Appliquées

En vue de l'obtention du diplôme de Master en optométrie et un
diplôme start-up

Thème :

Développement d'une plateforme en ligne pour l'analyse épidémiologique de la
santé oculaire en Algérie

Présenté par :

MENTFAKH Soufyane

BENDELLA Abdeldjalil

Soutenue le 02 juin 2025 devant le jury composé de :

Présidente : Pr. F. KAIL

ISTA, UNIVERSITE ORAN 1

Examineur 1 : Dr. M. OUZANI

ISTA, UNIVERSITE ORAN 1

Examineur 2 : Pr. N. KAMBOUCHE

INCUBATEUR UNIVERSITE ORAN 1

Examineur 3 : Dr. M B. MEKKI

CLINIQUE IBN EL HAYTHEM ALGER

Encadrant : Dr. D. GUERNAZI

ISTA, UNIVERSITE ORAN 1

Co-encadrant : Dr. A. BEKKAR

ISTA, UNIVERSITE ORAN 1

Année universitaire 2024 – 2025

Remerciements

Ce mémoire est le fruit des efforts et des sacrifices consentis par plusieurs personnes que nous ne pourrions pas oublier de remercier.

Tout d'abord, nous tenons à remercier dieu, créateur de toutes choses, de nous avoir donné la santé, la volonté et la patience pour mener à terme notre formation de master et pouvoir réaliser ce projet.

Nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à nos encadrants Dr. GUERNAZI Daoud et Dr. BEKKAR Azzedine qui nous ont guidés avec ses précieux conseils et suggestions, et la confiance qu'ils nous ont témoignée tout au long de ce projet.

Nous remercions tous les propriétaires des cliniques Pr. CHIALI et Dr. KHOUANE ainsi que nos maîtres de stages pour la bienveillance, la disponibilité, l'encadrement, et le dévouement dont ils nous ont fait part.

Nous adressons aussi nos remerciements à l'institut des sciences et techniques appliquées pour la qualité d'enseignement et les nombreux conseils personnalisés des professeurs.

Nous tenons à gratifier aussi les membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail.

Et n'oublions pas nos parents et nos frères et nos sœurs pour leurs soutiens et leurs aides pour réaliser ce projet.

A la fin

Nous remercions nos amis qui nous ont encouragés à donner le plus.

Table des matières :

Résumé.....	1
Introduction générale :	2
Partie théorique	4
Introduction :	5
Chapitre I : L'épidémiologie	6
I. Introduction :	7
II. Définition de l'épidémiologie :	7
III. Les types d'études épidémiologiques :	7
A. Études d'observation :	8
Etude descriptive :	8
Etudes analytiques :	9
B. Etudes expérimentales :	12
Essais contrôlés randomisés :	13
Essais sur le terrain :	13
Essais en communauté :	14
IV. Les erreurs potentielles dans les études épidémiologiques :	14
Erreurs aléatoires :	15
Les erreurs systématiques :	15
V. L'épidémiologie dans l'ophtalmologie :	17
A. Objectif de l'épidémiologie ophtalmique et optométrique :	17
C. Exemple de l'épidémiologie dans l'optométrie :	18
1. Les études statistiques sur les amétropies :	18
2. Tests des nouvelles technologies comme les verres de myopie	18
3. les études statistiques sur le port de lentille de contact	19
4. Glaucome	19
5. Dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA)	19
VI. Les logiciels utilisés dans l'épidémiologie :	19
Chapitre II : La pachymétrie	21
I. La pachymétrie cornéenne :	22
A. Rappel anatomique de la cornée :	22
B. Définition de la pachymétrie :	23
La différence entre la pachymétrie centrale et le thinnest local :	24
C. Les différents appareils de la pachymétrie :	24

TABLES DES MATIERES

Pachymètres optiques :.....	24
Le rôle révolutionnaire de l'imagerie de Scheimpflug dans la chirurgie réfractive moderne :.....	25
Pachymètres ultrasonores :.....	27
D. Applications Cliniques de la Pachymétrie en Ophtalmologie.....	28
Diagnostic et Gestion du Glaucome :.....	28
Affections Cornéennes (Kératocône) :.....	29
II. Conclusion :.....	30
Partie pratique	31
Introduction :.....	32
Chapitre I : Etude statistique sur le pachymétrie de la population algérienne	33
I. Introduction :.....	34
II. Echantillonnage :.....	34
A. Critères d'inclusion :.....	34
B. Critères de non inclusion :.....	35
III. Matériels et méthodes :	35
A. La phase de conception de la fiche d'exploitation :	35
B. La phase de collecte des données :.....	35
C. La phase d'analyse des données :.....	35
IV. Modalités de recueil des données et techniques d'examen :.....	35
A. L'appareil utilisé :	35
B. La population mesurée :	35
C. Déroulement de l'enquête :	36
D. Déroulement de l'examen :	36
E. Aspects éthiques et déontologique :	36
F. Recherche des données internationales pour la comparaison :	36
V. RESULTAT :	37
A. Les données épidémiologiques de l'échantillon :	37
L'âge :	37
Le sexe :	37
Antécédents pathologiques :.....	38
La réfraction automatique en équivalent sphérique :	38
La région :	38
VI. Etude des résultats obtenus en fonction des différents groupes d'études :	39

TABLES DES MATIERES

A.	Répartition globale :	39
B.	Résultats en fonction de l'âge :	39
C.	Résultats en fonction du sexe :	40
D.	Résultats en fonction de réfraction :	41
E.	Résultats en fonction de région :	42
VII.	Discussion	43
A.	Analyse des données épidémiologiques et cliniques :	43
	Age :	43
	Sexe :	43
	La réfraction automatique en équivalent sphérique :	44
VIII.	Analyse globale des résultats de l'épaisseur cornéenne centrale moyenne :	44
IX.	Corrélation entre l'épaisseur centrale de la cornée et d'autres facteurs :	46
A.	Etude des résultats obtenus en fonction d'âge :	46
B.	Etude des résultats obtenus en fonction du sexe	46
C.	Etude des résultats obtenus en fonction de réfraction	47
D.	Etude des résultats obtenus en fonction de la race	47
X.	Synthèse :	49
XI.	Conclusion :	49
Chapitre II : Développement de la plateforme.....		51
I.	Problématique :	52
II.	Contexte du Projet :	52
A.	Interface primaire :	52
B.	Méthode d'inscription et de connexion :	52
C.	Espace de professionnel de santé :	53
D.	Espace de patient :	56
III.	Pourquoi <i>OPTO-DZ</i> ?	59
IV.	Objectif du Site:	60
V.	Technologies Envisages:	60
A.	Backend : Python (version 3.8+) et Django	60
	Python.....	60
	Django	60
B.	Frontend :	62
C.	Structure:	62
VI.	Sécurité.....	62
Test de la plateforme et mise en valeur :		63

TABLES DES MATIERES

I.	Test de performance :	63
II.	Résultat.....	64
III.	Discussion	65
IV.	Conclusion :.....	66
Etude technico-économique.....		67
I.	Premier axe : Présentation de projet :	68
A.	Idée :	68
B.	Valeurs ajoutées :	68
C.	Equipe :	69
D.	Emplacement physique :	69
E.	Objectifs du projet :.....	69
F.	Planning de réalisation :	70
	Etude et recherche du projet (2 à 3 mois).....	70
	Réalisation de prototype : (2 mois)	70
	Lancement de l'activité : (6 mois).....	70
	Finalisation des produits : (2mois)	70
II.	II. Aspects innovants	71
A.	Nature des innovations	71
B.	Domaines d'impact.....	71
III.	III. Analyse stratégique du marché	71
A.	Segmentation	71
B.	Concurrence.....	71
C.	Stratégie marketing.....	71
IV.	IV. Plan de production et organisation	71
A.	Processus	71
B.	Ressources	72
C.	Équipe	72
D.	Partenaires clés.....	72
V.	Cinquième axe : Plan financier :	72
A.	Les coûts et les charges :	72
	Les charges fixes	72
B.	Equipement & investissement.....	74
C.	Marketing	74
D.	Chiffre d'affaires.....	75
E.	Bilan Final	75

TABLES DES MATIERES

Conclusion générale :	77
Perspective :	78
Bibliographie.....	80

Liste des tableaux :

Tableau 1:tableau comparatif des applications des différents types d'études d'observation [1].....	12
Tableau 2:Avantages et inconvénients de la pachymétrie par topographie cornéenne (topographe cornéen d'élévation)	26
Tableau 3: Avantages et inconvénients de la pachymétrie par OCT	27
Tableau 4: Avantages et inconvénients des pachymètres ultrasonores.....	28
Tableau 5: Répartition de notre échantillon selon l'âge	37
Tableau 6: Répartition de notre échantillon selon le sexe	37
Tableau 7: Répartition régionale de notre échantillon	38
Tableau 8: Répartition de l'ECC de notre échantillon selon l'âge	40
Tableau 9: Répartition de l'ECC selon la réfraction	41
Tableau 10:Répartition des cas selon les régions	42
Tableau 11: L'âge moyen des sujets en fonction des échantillons.	43
Tableau 12: Résumé de diverses études sur l'ECC	45
<i>Tableau 13: Organisation et main d'oeuvre</i>	<i>72</i>
Tableau 14: Frais & services divers	73
Tableau 15: Equipements	74
Tableau 16: Agencements et installation	74
Tableau 17: Marketing pour le premier an.....	74
Tableau 18: Chiffre d'affaires pour le premier an.....	75
Tableau 19: Bilan final du projet.....	75

Liste des figures :

Figure 1 : Structure d'une étude de cohorte [1]	10
Figure 2: Structure d'une étude cas-témoins [1]	11
Figure 3: L'organisation d'un essai contrôlé randomisé [1]	13
Figure 4: un diagramme récapitulatif de tous les types de l'étude épidémiologique [1] .	14

TABLES DES MATIERES

Figure 5: étude pour but d'évaluer l'aspect épidémiologique dans l'optométrie scolaire [18]	18
Figure 6: Schéma représentant des couches de la cornée [30]	23
Figure 7: la position de la pachymétrie centrale et le thinnest local dans une image topographique.....	24
Figure 8: principe de Scheimpflug (Bonne application)	26
Figure 9: principe de Scheimpflug (Mauvaise application)	26
Figure 10: Bilan de suivi de glaucome [45]	29
Figure 11: Répartition de notre échantillon selon le sexe.....	37
Figure 12: Répartition de notre échantillon selon l'amétropie	38
Figure 13: Répartition régionale de notre échantillon.....	39
Figure 14: répartition de L'ECC selon l'âge	40
Figure 15: Pourcentage de présence de sexe selon les tranches des ECC	41
Figure 16: Répartition de L'ECC selon les défauts réfractifs.....	42
Figure 17: Répartition des cas selon les régions	42
Figure 19: Profile du professionnel de santé.....	58
Figure 18: Accueil du professionnel de santé.....	58
Figure 20: la liste des patients	58
Figure 21: Messagerie	58
Figure 22: Fiche clinique	59
Figure 23: Rendez-vous du patient	59
Figure 24: Recherche des professionnels de santé.....	59
Figure 25: Valeur ajoutée de la plateforme	68
Figure 26: Bilan final	75

Résumé

Ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'une étude épidémiologique analytique transversale visant à déterminer les valeurs de l'épaisseur cornéenne centrale (ECC) au sein d'une population algérienne. La pachymétrie cornéenne constitue un paramètre essentiel en ophtalmologie et en optométrie, notamment dans le diagnostic et le suivi du glaucome et des pathologies cornéennes et le bilan des chirurgies réfractives. L'étude a été réalisée sur un échantillon de patients algériens, à l'aide d'un pachymètre de précision, afin d'établir des valeurs de référence adaptées à notre population. Les résultats obtenus montrent des variations significatives de l'épaisseur cornéenne centrale selon certains facteurs démographiques, soulignant l'importance d'une base de données locale. Dans une perspective d'optimisation du suivi médical, une plateforme numérique, **OPTO-DZ**, a été développée pour permettre la gestion sécurisée des dossiers médicaux oculaires et faciliter l'analyse épidémiologique. Cette étude met en évidence la nécessité d'une prise en charge personnalisée fondée sur des données régionales fiables.

Abréviation :

ECC : épaisseur cornéenne centrale

Pachy : pachymétrie

ODG : œil droit et œil gauche

D : dioptries

Introduction générale :

L'ère numérique a radicalement modifié notre approche de la médecine, non seulement en ce qui concerne le diagnostic et la thérapie, mais également dans la récolte, l'étude et l'interprétation des données sanitaires. Dans ce cadre, l'épidémiologie, qui est la science consacrée à l'analyse de la répartition et des facteurs déterminants des maladies au sein des populations, bénéficie grandement des instruments technologiques contemporains. Avec l'aide des systèmes d'information, des plateformes de données numériques et des interfaces de visualisation, nous sommes maintenant en mesure d'examiner une vaste quantité de données médicales en temps réel, générer des statistiques précises et fournir aux professionnels de la santé des indicateurs précieux pour la prise de décisions cliniques et la santé publique.

Dans les domaines de l'ophtalmologie et de l'optométrie, où les tests de vision produisent une multitude de données numériques (comme la réfraction, la pression intraoculaire, l'épaisseur de la cornée, etc.), l'épidémiologie numérique présente un potentiel immense. La pachymétrie cornéenne, qui détermine l'épaisseur de la cornée, est l'un des critères primordiaux. Elle est particulièrement importante pour l'identification de maladies cornéennes telles que le kératocône, la planification des interventions chirurgicales réfractives ou encore le dépistage et le suivi du glaucome. Cependant, en dépit de la pertinence de ce facteur, il existe peu d'informations épidémiologiques relatives aux profils pachymétriques dans la population algérienne.

Ce mémoire s'inscrit dans cette optique, avec pour but principal de concevoir et d'implémenter une plateforme dédiée à la gestion des dossiers médicaux, capable de rassembler, stocker, analyser et diffuser des données statistiques relatives à la santé oculaire. Dans cet exemple, la pachymétrie algérienne est employée comme cas pratique, ce qui permet d'évaluer les capacités de la plateforme, de reproduire l'analyse de données à l'échelle populationnelle et d'illustrer l'utilité d'une telle plateforme dans un cadre local.

Pour établir ce projet sur des fondations scientifiques robustes, le mémoire s'ouvre par une présentation théorique de l'épidémiologie et de ses méthodes principales, suivie d'une attention particulière à l'épidémiologie dans le domaine de l'ophtalmologie. Puis il passe en revue les notions essentielles relatives à la pachymétrie, avant d'expliquer le processus de création, d'élaboration et de mise en place de notre plateforme. Enfin, une section expérimentale est

INTRODUCTION GENERALE

dédiée à l'examen des données initiales, qu'elles soient simulées ou réelles, ce qui permet de démontrer les compétences statistiques de l'instrument conçu.

À travers cette démarche, ce travail vise non seulement à démontrer la faisabilité technique d'un outil web d'analyse épidémiologique, mais aussi à souligner l'importance croissante de la santé numérique dans le suivi et la compréhension des pathologies visuelles. Ce projet pourrait à terme être étendu à d'autres indicateurs optométriques, et contribuer à renforcer la surveillance, la prévention et la recherche en santé oculaire en Algérie et au-delà.

Partie théorique

Introduction :

La compréhension approfondie des caractéristiques clinique et démographique d'une population est essentielle pour une prise en charge efficace des pathologies oculaires. C'est dans cette voix que nous avons consacré la première partie de ce travail à une approche théorique, structuré en deux chapitres complémentaires.

Le premier chapitre est dédié à l'épidémiologie, une discipline fondamentale en santé publique qui permet d'analyser la répartition et les déterminants des maladies au sein des populations. Cette section vise à mettre en lumière les principes de base de l'épidémiologie, ses méthodes et son importance dans l'identification des facteurs de risque et la planification des interventions préventives, notamment dans le domaine de la santé oculaire.

Le deuxième chapitre traite de la pachymétrie cornéenne, un examen clé dans le dépistage et le suivi de nombreuses pathologies ophtalmologiques. A travers ce chapitre, nous avons visé à explorer les aspects anatomiques, les techniques de mesure, ainsi que l'interprétation des résultats en fonction des données cliniques et épidémiologiques.

Cette partie théorique constitue ainsi le socle scientifique nécessaire à la compréhension et à l'analyse des données recueillies dans la partie pratique de notre étude.

Chapitre I : L'épidémiologie

I. Introduction :

L'épidémiologie occupe aujourd'hui une place centrale dans le domaine de la santé publique. Elle permet d'identifier les facteurs de risque, de comprendre les mécanismes de propagation des maladies, et d'évaluer l'efficacité des stratégies de prévention ou de traitement. Loin de se limiter à l'étude des grandes épidémies infectieuses, l'épidémiologie s'applique désormais à tous les domaines de la médecine, y compris l'ophtalmologie, où elle contribue à une meilleure compréhension des pathologies visuelles à l'échelle des populations.

Dans ce chapitre nous avons visé à poser les bases théoriques nécessaires pour comprendre le rôle et l'importance de l'épidémiologie dans le contexte médical moderne.

II. Définition de l'épidémiologie :

Le mot « épidémiologie » a été construit à partir des mots grecs : epi « sur », demos « peuple » et logos « discours ».

L'épidémiologie est une des disciplines qui contribue de manière significative à l'avancement des connaissances en matière de santé environnementale et de santé au travail. Son principal avantage est d'examiner les liens entre l'environnement et la santé à une échelle mondiale. Cette globalisation se fait selon deux « dimensions ». Initialement, les conclusions des recherches épidémiologiques se concentrent sur des ensembles de participants, déterminés par leur exposition à diverses conditions environnementales ou professionnelles. Ce niveau d'analyse permet de dégager des moyennes et des tendances stables que l'observation individuelle ne rend pas perceptibles en raison de la variabilité importante entre les individus, qu'elle soit d'origine « biologique » ou qu'elle résulte de conditions d'exposition variables. Le second niveau de globalisation se situe au sein de l'individu lui-même. L'épidémiologie ne vise pas d'examiner ou de déterminer les processus par lesquels les expositions affectent l'organisme humain. Elle évalue leur impact « intégratif » par l'apparition de maladies ou, de manière plus globale, d'incidents de santé[1].[2]

III. Les types d'études épidémiologiques :

Dans le domaine de l'épidémiologie, les scientifiques cherchent à quantifier ou à apprécier le lien entre l'exposition et une pathologie ou un résultat. Dans un premier lieu, ils établissent l'hypothèse en se basant sur la question de recherche, puis sélectionnent le protocole d'étude le

plus approprié pour y répondre. Le protocole de recherche sélectionné influence la façon dont le chercheur conduit son investigation.[5], [6]

On peut distinguer deux catégories d'études épidémiologiques :

A. Études d'observation :

Les études d'observation consistent à observer les patients dans un environnement non contrôlé c'est-à-dire que l'investigateur fait des mesures mais n'intervient pas. Ces études comportent deux catégories :

Etude descriptive :

i. Définition de l'étude descriptive :

L'épidémiologie descriptive est une analyse qui permet d'examiner la fréquence et la distribution des problèmes de santé parmi la population en se basant sur des données systématiquement collectées ou via des enquêtes spécifiques, en fonction de diverses variables telles que les individus, les lieux et les périodes[7],[1].

ii. Objectifs de l'étude descriptive :

1/ Analyser la prévalence des problèmes de santé au sein des populations. Elle offre des outils d'intervention à divers échelons : prévention, installation de matériel sanitaire, programmes d'éducation à la santé, etc.

2/ Évaluer comment leur distribution varie en réponse aux phénomènes susceptibles d'avoir une influence. L'espace, le temps, les attributs des populations impliquées.

3/ Formuler des suppositions pour l'étude. Elle facilite fréquemment la détection de problèmes peu connus, l'observation des disparités entre différentes régions, entre divers groupes de personnes, etc. L'épidémiologie descriptive constitue fréquemment la première phase d'une approche de recherche impliquant des techniques plus analytiques. [7]

iii. Les types de l'étude descriptive :

a. Etude descriptive transversale :

Habituellement de courte durée (une journée, une semaine, un mois...), leur objectif est d'identifier, à un instant précis, les individus concernés et de fournir une représentation éphémère du phénomène analysé au sein de la population : on les désigne fréquemment comme des enquêtes transversales pour cette raison, car elles effectuent en quelque sorte une coupe instantanée du phénomène à un moment donné.

Dans la recherche transversale, on examine uniquement les cas présents au moment de

l'étude, ce qui explique pourquoi elle ne permet pas d'explorer les éléments dynamiques des phénomènes observés. Par conséquent, la relation temporelle entre l'exposition à un facteur nuisible spécifique et le développement d'une maladie ne peut pas être établie. [7]

b. Etude longitudinale :

Il s'agit d'une recherche qui s'effectue sur une longue durée, permettant de suivre un groupe de personnes partageant des traits communs sur un intervalle déterminé durant lequel l'apparition d'une ou plusieurs pathologies est observée (un même sujet est examiné à plusieurs reprises)[7].

Etudes analytiques :

i. Définition de l'étude analytique :

Les recherches analytiques cherchent à démontrer un lien entre un ou plusieurs facteurs d'exposition et une ou plusieurs maladies, tout en proposant des justifications pour soutenir une interprétation causale de ce lien[8]. Elles visent notamment à répondre à des interrogations telles que : Y a-t-il un rapport entre le facteur et la maladie ? Quel est le degré d'intensité de cette relation?...[9]

ii. Les types de l'étude analytique :

Les principaux types de l'étude analytique se divisent en trois :

a. Études de cohorte :

1. Définition de l'étude de cohorte :

Qu'est-ce qu'une cohorte ?

Un ensemble de personnes partageant la même expérience et bénéficiant d'un suivi sur une durée déterminée.

Les études de cohorte sont des études longitudinales (suivi des sujets dans le temps) qui se définissent essentiellement par la comparaison de deux groupes d'individus, les uns exposés au facteur et les autres non. La sélection des sujets est basée sur leurs expositions au facteur de risque étudié et la comparaison est faite quant à la fréquence de l'événement maladie ou décès survenu en cours d'observation. A la fin de la période d'observation, on dispose de toutes les données nécessaires au calcul des incidences (Incidence veut dire : Un facteur F est un facteur de risque (Probabilité de survenue d'un événement (décès ou maladie) à un moment donné pendant un intervalle de temps défini.) pour une Maladie M si l'exposition au facteur F modifie la probabilité d'apparition de la maladie M).

A partir de ce type d'étude, on peut estimer la fréquence de la maladie chez les sujets exposés et celle chez les sujets non-exposés.

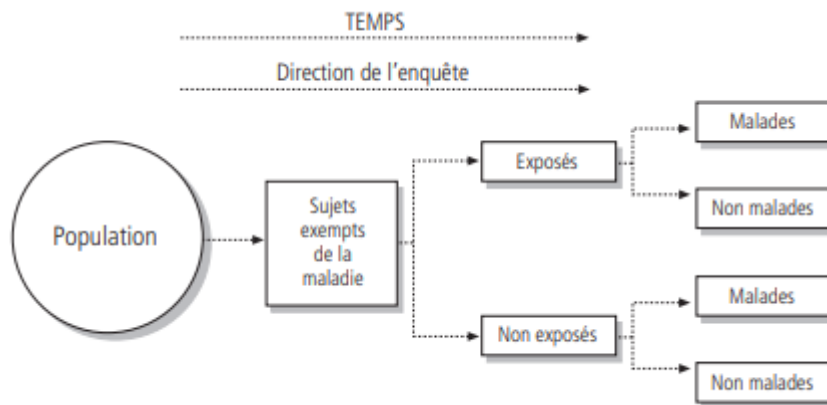


Figure 1 : Structure d'une étude de cohorte [1]

Suivant le procédé d'identification des groupes de sujets exposés et de sujets non- exposés, les études de cohorte se divisent en études de cohorte de population et en études de cohorte sur échantillons électifs :

Études de cohorte de population :

Des recherches sont menées sur la population en question ou sur un échantillon choisi de manière aléatoire. Sans l'intervention du chercheur, la population se segmente naturellement en deux groupes (les sujets exposés et les sujets non-exposés).

Études de cohorte sur échantillons électifs :

Dans ces études, l'investigateur choisit lui-même le groupe de sujets exposés au facteur et le groupe des sujets non-exposés ; il détermine également leur taille respective. Ce type d'étude convient particulièrement lorsque l'exposition au facteur est rare.

b. Etude cas-témoins :

Définition de l'étude cas-témoins :

L'étude cas-témoins, une recherche longitudinale, se caractérise principalement par la mise en parallèle de deux groupes : le premier regroupe les individus affectés par l'événement de santé, soit les cas, tandis que le second est constitué d'individus non touchés par l'événement de santé, soit les témoins. On évalue ensuite la différence entre les deux groupes en ce qui concerne leur exposition au facteur. [10]

Choix des cas et des témoins :

Une étude cas-témoins commence par l'identification des cas qui doivent être représentatifs de tous les cas observés dans un groupe de population déterminé. Les cas sont choisis sur la base de la maladie et non de l'exposition. Les témoins sont des sujets exempts de la maladie.

L'aspect le plus ardu de ce genre d'étude est la sélection des témoins afin d'obtenir une vision précise de la fréquence de l'exposition au sein de la population d'où proviennent les cas. De plus, la sélection des témoins et des cas ne doit pas être déterminée en fonction de leur statut par rapport à l'exposition, qui doit être définie de manière uniforme pour tous. Il n'est pas impératif que les cas et les témoins reflètent fidèlement la population toute entière ; en pratique, on peut se concentrer sur tout segment spécifique, comme les seniors, les hommes ou les femmes.[1]

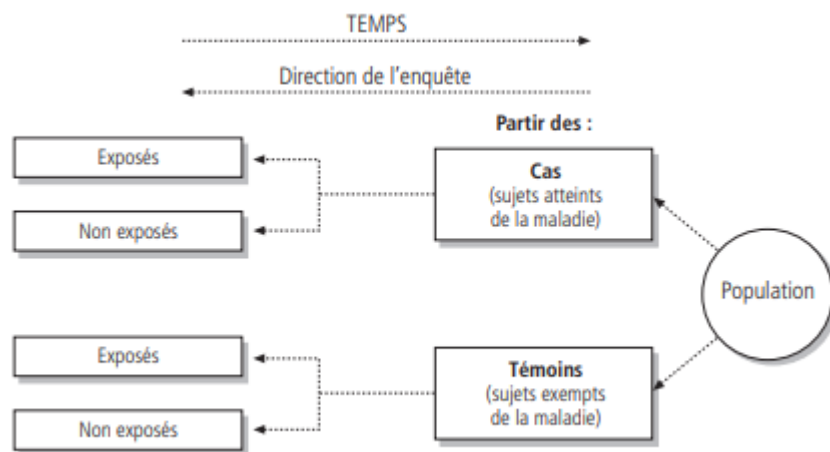


Figure 2: Structure d'une étude cas-témoins [1]

a. Étude analytique transversale :**1. Définition d'étude analytique transversale :**

L'étude analytique transversale est une recherche effectuée à un instant précis (sur une courte durée) sur un échantillon qui reflète fidèlement une population spécifiquement déterminée. L'étude couvre tous les sujets qui étaient présents lors de son déroulement, y compris les informations sur d'éventuels facteurs de risque, collectées simultanément avec les données relatives à l'état de santé. Ainsi, cette étude se concentre uniquement sur les cas préexistants au moment de l'enquête (sans prise en compte de l'incidence de la maladie) et ne prévoit pas un suivi pour ces sujets. [2].[8]

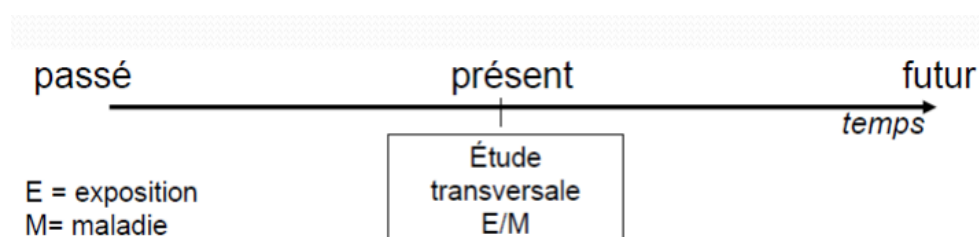


Tableau 1: tableau comparatif des applications des différents types d'études d'observation [1]

Objectif	Étude transversale	Étude cas-témoins	Étude de cohorte
Investigation de maladies rares	-	+++++	-
Investigation de causes rares	-	-	+++++
Recherche des effets multiples d'une même cause	++	-	+++++
Étude d'expositions et de déterminants multiples	++	++++	+++
Établissement d'une relation temporelle	-	+ ^b	+++++
Mesure directe de l'incidence	-	+ ^c	+++++
Examen d'une longue période de latence	-	+++	-

+...+++++ : indique le degré général d'adéquation ; il y a des exceptions.

- : inadaptée.

+^b : Si étude prospective.

+^c : Si étude de l'ensemble d'une population.

B. Etudes expérimentales :

i. Définition de l'étude expérimentale :

L'étude expérimentale (aussi appelée étude d'intervention) désigne toute recherche où le chercheur maîtrise l'attribution de l'exposition, c'est-à-dire qu'il manipule le facteur étudié ainsi que les sujets qui y sont exposés et ceux qui ne le sont pas, y compris les facteurs d'exposition. [2]

Elle a pour objectif d'assister dans le processus de décision thérapeutique (ou la conception d'un programme de santé), en quantifiant les effets attendus. [12]

Elle présente un caractère volontariste dans la mesure où l'on s'efforce de changer l'un des éléments déterminants d'une pathologie, comme une forme d'exposition ou une habitude, ou d'intervenir sur le cours de la maladie à travers un traitement. [1]

Essais contrôlés randomisés :

Un essai contrôlé randomisé est une recherche expérimentale en épidémiologie destinée à évaluer l'impact d'une intervention spécifique, généralement un traitement pour une maladie précise (essai clinique). Les participants de l'étude sont répartis aléatoirement dans les groupes d'intervention et les groupes de contrôle, et les résultats sont évalués en comparant ces groupes. [1]

Afin de garantir l'équivalence des groupes comparés, les patients sont répartis par tirage au sort. Si la sélection initiale et le tirage au sort sont réalisés de manière appropriée, les groupes de contrôle et de traitement seront comparables au commencement de l'étude ; toute différence potentielle entre ces groupes serait alors due au hasard, plutôt qu'à un biais délibéré ou non délibéré attribuable aux chercheurs. [1]

Ainsi, il est contrôlé : le groupe qui bénéficie du traitement est mis en comparaison avec un ou plusieurs groupes qui ne bénéficient pas du traitement en question (groupe de contrôle) et randomisé : les participants sélectionnés sont répartis de manière aléatoire grâce à un tirage au

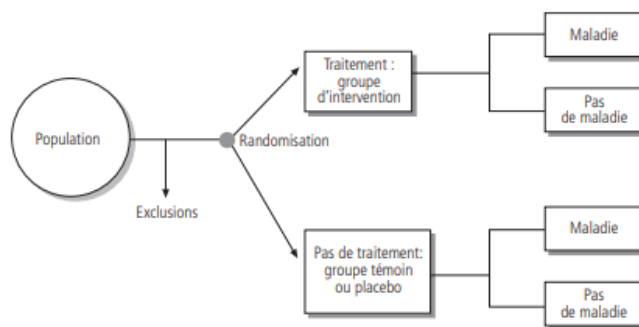


Figure 3: L'organisation d'un essai contrôlé randomisé [1]

sort (randomisation) entre le groupe d'intervention et le groupe de contrôle.[12]

Essais sur le terrain :

À la différence des études cliniques, les essais sur le terrain concernent des sujets sains mais considérés comme à risque ; la collecte de données se fait « sur le terrain », généralement auprès de la population générale et non pas au sein des établissements. Étant donné que les sujets de recherche sont en bonne santé et que l'intention est d'éviter des maladies qui peuvent être assez rares, les tests pratiques tendent fréquemment à être des initiatives compliquées du point de vue logistique et onéreuses. Ces recherches d'intervention peuvent généralement être mises en œuvre à une échelle réduite pour un coût modique, sans nécessiter de suivi sur le long terme ni évaluation de l'évolution de la maladie. [1]

Essais en communauté :

Dans ce type d'expérience, les groupes de traitement sont constitués de communautés plutôt que de personnes individuelles. Cette approche est particulièrement appropriée pour les affections où la situation sociale des patients joue un rôle et pour lesquelles des initiatives préventives sont centrées sur le comportement collectif. [1]

Le défaut de cette recherche est qu'elle ne peut se concentrer que sur un nombre restreint de communautés qu'il est pratiquement impossible de répartir au hasard, donc il devient ardu d'isoler les communautés touchées par l'intervention des changements globaux susceptibles d'affecter la société. Il est ardu d'éviter les inconvénients inhérents à leur conception, notamment face à des modifications des facteurs de risque dans les endroits témoins qui sont étonnamment importantes et bénéfiques. [1]

De ce fait, il n'est pas toujours possible de parvenir à des conclusions définitives concernant l'efficacité générale des efforts entrepris à l'échelle communautaire.[1]

Voici un diagramme qui récapitule tous les types de l'étude épidémiologique : [1]

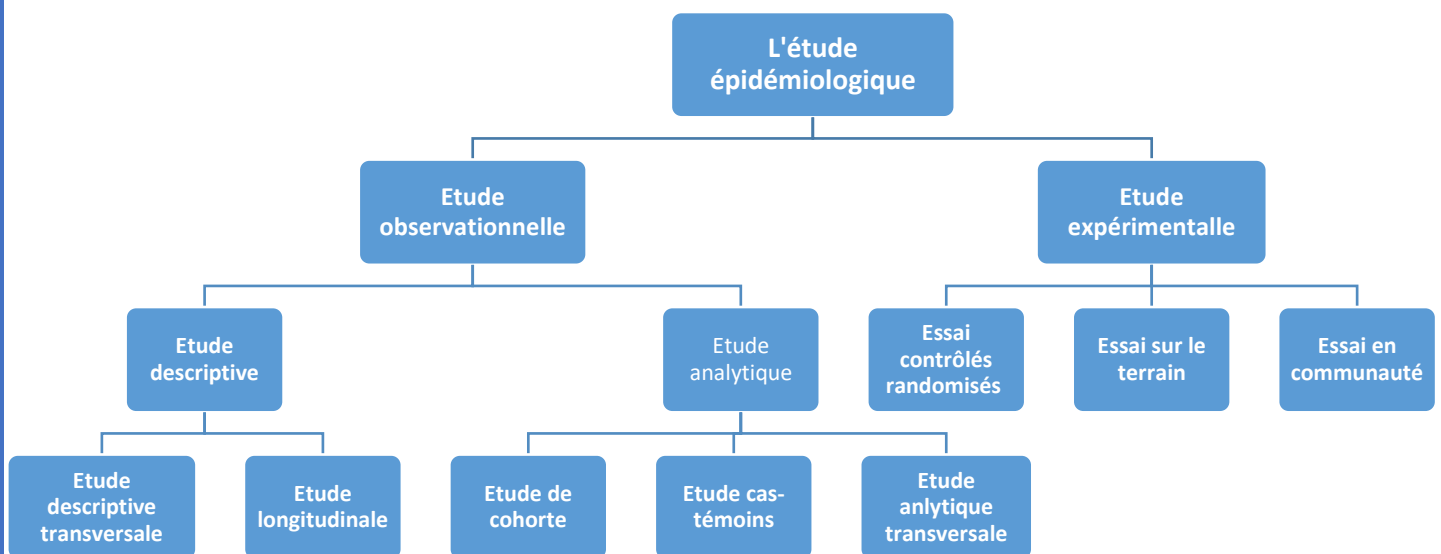


Figure 4: un diagramme récapitulatif de tous les types de l'étude épidémiologique [1]

Remarque importante :

Le choix du type d'étude approprié est une étape décisive de l'investigation épidémiologique. Chaque type d'étude présente des points forts et des points faibles.

IV. Les erreurs potentielles dans les études épidémiologiques :

Toutes les études épidémiologiques sont susceptibles d'inclure des erreurs car elles sont basées sur des mesures qui ne sont jamais parfaites, c'est pour cela les épidémiologistes consacrent beaucoup d'attention à la réduction de ces erreurs et à l'évaluation de l'effet de celles qui ne peuvent être éliminées. Il existe 2 types d'erreurs pouvant affecter les conclusions d'une étude épidémiologique : [1], [14]

Erreurs aléatoires :

Une erreur aléatoire consiste dans l'écart du fait du seul hasard entre une observation faite dans un échantillon et la valeur vraie dans la population, d'où un manque de précision dans la mesure d'une association parce que les valeurs mesurées sont plus éloignées de la valeur réelle. Il existe trois sources principales d'erreur aléatoire :

- ❖ Les variations biologiques individuelles (différences entre les cas dans la génétique, le mode de vie, métabolisme...).
- ❖ Les erreurs d'échantillonnage (des participants qui ne répondent pas correctement à un questionnaire).
- ❖ Les erreurs de mesure (un instrument de mesure mal calibré ou défectueux).

• Méthode pour réduire ces erreurs :

Pour diminuer les erreurs d'échantillonnage, la solution la plus efficace est d'accroître la dimension de l'échantillon. Pour minimiser les erreurs de mesure, il est essentiel de suivre des procédures rigoureuses et d'effectuer des mesures individuelles avec la plus grande précision possible. Les chercheurs doivent être familiarisés avec les méthodes de mesure employées dans l'étude et les erreurs potentielles associées. [1]

Cependant, des variations individuelles demeurent toujours et aucune mesure n'est totalement précise.

Les erreurs systématiques :

On parle de biais systématique en épidémiologie lorsque les résultats s'écartent constamment des valeurs réelles, c'est-à-dire qu'ils sont le produit d'erreurs qui surviennent lorsque la probabilité d'erreur n'est pas identique pour les deux groupes à étudier. On dit que l'exactitude est élevée dans une recherche où l'erreur systématique est minime. La précision n'est pas liée à la dimension de l'échantillon. En épidémiologie, les sources d'erreurs systématiques potentielles sont multiples et diversifiées ; nous avons identifié plus de 30 catégories, dont les principales sont : [1]

- Le biais de sélection (ou de recrutement),

- Le biais de mesure (ou de classification).

Avant de passer aux sources possibles d'erreur systématique il faut comprendre c'est quoi un biais : Le biais se caractérise par l'existence d'erreurs systématiques dans une étude qui conduit à une appréciation incorrecte du lien entre l'exposition et la maladie.

Le biais de sélection :

Les biais de sélection surviennent lors de l'inclusion d'un participant dans une recherche lorsqu'il y a une disparité systématique entre les traits des sujets retenus pour l'étude et ceux qui ne le sont pas. Par exemple, les individus qui acceptent de participer à une étude sur les conséquences du tabagisme n'ont pas nécessairement les mêmes pratiques tabagiques que ceux qui ne répondent pas, ces derniers étant généralement des fumeurs plus assidus.

Il peut s'agir de l'inclusion de patients qui ne représentent pas la population générale qu'ils doivent représenter (lors d'étude descriptives) ou du recrutement différentiel de patients selon leur exposition (lors d'étude analytiques).

Le biais de sélection est important quand la maladie ou le facteur étudié font que les personnes ne sont pas disponibles on prend l'exemple des ouvriers d'une usine qui sont exposés au formaldéhyde. Ceux qui souffrent le plus d'irritation oculaire sont a priori ceux qui ont le plus de chances de quitter leur emploi ; les ouvriers qui restent sont donc les moins atteints, de sorte qu'une étude de prévalence menée sur les lieux de travail et portant sur l'association entre exposition au formaldéhyde et irritation oculaire peut être tout à fait trompeuse.[1],[15],[14]

Voici plusieurs moyens utilisés pour minimiser les biais de sélection :

- ❖ Avoir plusieurs groupes contrôle différents
- ❖ Standardiser les procédures de recrutement
- ❖ Ne pas dévoiler aux participants l'hypothèse de l'étude,
- ❖ Ne pas dévoiler aux évaluateurs l'hypothèse de l'étude
- ❖ Utiliser la randomisation dans une population pour le choix des participants
- ❖ Utiliser la randomisation dans l'assignation des traitements

Le biais de mesure :

Un biais de mesure (ou de classification) se produit lorsqu'il y a des erreurs dans les mesures individuelles ou la catégorisation de la maladie ou de l'exposition, c'est-à-dire qu'elles ne quantifient pas précisément ce qu'elles sont supposées quantifier.

Dans les études cas-témoins rétrospectives, un biais de mesure particulièrement significatif est celui appelé biais de rappel. Ce phénomène se produit lorsque les témoins et les cas ne rappellent pas les événements de la même façon, par exemple parce que les cas sont a priori plus susceptibles de se souvenir d'une exposition, surtout si tout le monde est conscient que cette exposition est liée à la maladie en question.

Parmi les erreurs qui peuvent conduire à un biais de mesure lorsque l'investigateur, le technicien de laboratoire ou le participant connaît l'exposition, cette connaissance peut influencer sur les mesures et provoquer un biais d'observateur. Pour éviter celui-ci, les mesures peuvent être faites à l'aveugle ou en double-aveugle. Une étude à l'aveugle signifie que les investigateurs ne savent pas comment les participants ont été répartis. Une étude en double-aveugle signifie que ni les investigateurs ni les participants ne connaissent la répartition des seconds. [1]

V. L'épidémiologie dans l'ophtalmologie :

A. Objectif de l'épidémiologie ophtalmique et optométrique :

Premièrement, la recherche épidémiologique contribue à l'ensemble des connaissances scientifiques sur les maladies oculaires et fournit des indices sur leurs mécanismes étiologiques probables, qui ne peuvent être issus de recherches en laboratoire ou d'observations cliniques.

Deuxièmement, elle contribue à l'approche de santé publique en matière de prévention de la cécité en identifiant l'ampleur du problème et en décrivant les principales causes et la distribution des maladies oculaires entraînant des déficiences et des incapacités. Elle contribue également à identifier les différences entre les populations, qui peuvent être modifiées.

Troisièmement, la recherche épidémiologique contribue également à la prévention de la cécité en comprenant les déterminants de la maladie dans les populations humaines. Établir une association entre l'exposition à un facteur de risque ou à un agent causal et la présence ou l'absence de maladie nécessite un protocole d'étude analytique. Il peut s'agir d'une étude cas-témoins ou d'une étude longitudinale, elle-même rétrospective ou prospective.

Enfin, l'épidémiologie évalue les mesures préventives, les traitements ou autres interventions visant à réduire l'impact de la perte de vision, en menant des essais cliniques nécessitant une randomisation des populations ou des personnes, ainsi que des évaluations standardisées des résultats.[16]

C. Exemple de l'épidémiologie dans l'optométrie :

L'épidémiologie en optométrie permet d'étudier la prévalence, les facteurs de risque et les impacts des troubles visuels et oculaires au sein de populations spécifiques et on trouve même des études statistiques sur la fiabilité des nouvelles technologies du domaine. Voici quelques exemples concrets :

	Sexe masculin	Sexe féminin	N (%)
	n (%)	n (%)	
Hypermétropie	2 (3,8 %)	2 (3,4 %)	4 (3,6 %)
Myopie	4 (7,5 %)	1 (1,7 %)	5 (4,5 %)
Astigmatisme	47 (88,7 %)	56 (94,9 %)	103 (91,9 %)
Total	53 (47,3 %)	59 (52,7 %)	112 (100 %)

Figure 5: étude pour but d'évaluer l'aspect épidémiologique dans l'optométrie scolaire [18]

1. Les études statistiques sur les amétropies :

Prenant l'exemple de la myopie, elle est une condition très étudiée en épidémiologie optométrique. Sa prévalence a augmenté de manière significative au cours des dernières décennies, notamment chez les jeunes scolarisés intensivement. En Asie, elle touche environ 80 % des jeunes, tandis qu'en Europe, elle concerne près de 50 % des jeunes adultes âgés de 25 à 29 ans.[17]

Les facteurs de risque incluent le temps passé à l'intérieur durant l'enfance et des influences génétiques. Des interventions comportementales, comme augmenter le temps passé à l'extérieur, sont étudiées pour réduire sa progression.[17]

Une étude prospective de type descriptif a été menée du 1^{er} décembre 2005 au 31 mars 2006, sur des enfants, âgés de 4 à 16 ans, scolarisés dans une école primaire publique de Cotonou. La réfraction a été évaluée pour toute acuité visuelle inférieure ou égale à 0,7.[18]

2. Tests des nouvelles technologies comme les verres de myopie

Les tests de ces nouvelles technologies reposent soit sur des essais cliniques randomisés, en double aveugle, avec des groupes témoins portant des verres monofocaux classiques. Soit des suivis de la progressions de la myopie en portant ces verres, Comme exemple d'étude incluent des enfants âgés de 11 à 17 ans, suivis sur une période 2 ans.[19]

3. les études statistiques sur le port de lentille de contact

Étude clinique à long terme sur le port de lentilles chez les enfants. Suivi de 144 enfants dans un essai randomisé multisite, confirmant la sécurité et l'efficacité du port d'un type spécifique de lentilles cornéennes. [20]

4. Glaucome

Le glaucome est une cause majeure de cécité irréversible dans le monde. Environ 66 millions de personnes sont atteintes, avec une prévalence particulièrement élevée chez les plus de 40 ans dans les pays occidentaux et en Afrique.[21]

Les optométristes jouent un rôle clé dans le dépistage précoce et la gestion collaborative avec les ophtalmologistes pour minimiser les impacts de cette maladie.[22]

5. Dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA)

La DMLA est fréquente chez les personnes âgées, avec une prévalence qui augmente fortement après 75 ans. Elle est responsable d'une perte sévère de vision dans les pays industrialisés.

Les études épidémiologiques aident à identifier les populations à risque et à développer des stratégies de prévention et de traitement.[23]

VI. Les logiciels utilisés dans l'épidémiologie :

L'épidémiologie repose sur l'utilisation de divers logiciels pour collecter, analyser et visualiser des données complexes. Ces outils permettent aux chercheurs de mieux comprendre les tendances des maladies et d'élaborer des stratégies de santé publique efficaces. Les principaux logiciels utilisés dans ce domaine : [26]

SPSS :

Un logiciel très populaire pour son interface conviviale, SPSS est largement utilisé pour les analyses statistiques dans les études observationnelles et expérimentales. Il est considéré comme idéal pour les débutants et offre une courbe d'apprentissage rapide.[27], [28]

SAS :

SAS est réputé pour sa puissance et sa capacité à gérer des ensembles de données volumineux. Il est souvent utilisé dans les recherches complexes en épidémiologie.[29]

Stata :

Facile à utiliser, Stata est apprécié pour ses capacités en importation, nettoyage, et analyse avancée des données. Il est particulièrement populaire parmi les étudiants en santé publique et les chercheurs.

Microsoft Excel :

Excel est considéré aussi comme un logiciel d'études statistiques en épidémiologie, mais il est moins robuste pour les analyses de grandes bases de données.

R :

R est un logiciel libre très flexible qui offre une large gamme de packages dédiés à l'épidémiologie (ex. Tidyverse, Epical). Il excelle dans la modélisation statistique complexe et la visualisation graphique.[30]

OpenEpi :

Développé en JavaScript et HTML, OpenEpi est utilisé pour l'analyse épidémiologique, y compris les tests sur les taux de risque et les odds-ratios. Accessible directement via un navigateur ou en local

Chapitre II : La pachymétrie

I. La pachymétrie cornéenne :

A. Rappel anatomique de la cornée :

La cornée constitue la partie antérieure de l'œil. Elle est enchâssée dans la sclérotique comme un verre de montre. Elle est formée de plusieurs types cellulaires d'origine embryologique différente. Elle a une structure transparente et avasculaire et sa face antérieure est lisse et convexe. Elle est exposée à l'environnement externe par l'intermédiaire du film lacrymal. Mais recouverte par les paupières qui la protègent et assure l'étalement des larmes. Et sa face postérieure concave forme la paroi antérieure de la chambre antérieure de l'œil. En périphérie, se trouve le limbe, tissu très vascularisé, réservoir en cellules à haute capacité proliférative.[32]

Le diamètre moyen de la cornée est de 11,5 mm avec un diamètre horizontal (11,7 mm) supérieur au diamètre vertical (10,6 mm) au niveau de la face postérieure[32]

La cornée se compose de cinq couches successives, qui sont (d'avant en arrière) :

i. L'épithélium cornéen :

L'épithélium cornéen est un épithélium pavimenteux stratifié, non kératinisé recouvert par le film lacrymal dont il est indissociable, son action est de réduire l'évaporation et diminue l'absorption des fluides à partir des larmes dont l'épaisseur représente 10 % de l'épaisseur cornéenne [30 à 50 μm].[32]

ii. Couche de Bowman :

Elle est située entre le stroma cornéen et la membrane basale de l'épithélium. C'est une couche acellulaire mesurant de 8 à 10 μm , constituée de fibres de collagènes et la substance fondamentale. Mais elle est traversée par les terminaisons nerveuses entourées de cellules de Schwann qui rejoignent l'épithélium.[32]

iii. Le stroma cornéen :

Le stroma est avasculaire mesurant environ 500 μm d'épaisseur, ses propriétés anatomiques, biomécaniques et biochimiques sont responsables de la majorité des caractéristiques de la cornée, comme sa transparence, la stabilité de sa forme et sa solidité.[32]

iv. La membrane de Descemet :

C'est une membrane collagénique, acellulaire, perméable à l'eau, peu extensible et très résistante, élastique et amorphe. Elle mesure environ 10 μm et son épaisseur augmente avec l'âge et dans certaines pathologies.[32]

v. L'endothélium cornéen :

Il s'agit d'une couche monocellulaire régulière, hexagonale plate, elle est en contact avec la membrane de Descemet en avant et l'humeur aqueuse en arrière. À l'état normal, la cornée reste transparente grâce à l'endothélium cornéen qui lutte en permanence contre l'imbibition hydrique, et assure l'état de déturgescence qui maintient une épaisseur cornéenne relativement constante.[32]

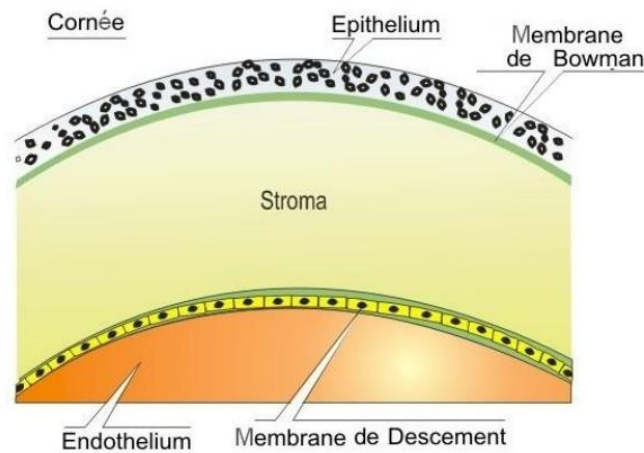


Figure 6: Schéma représentant des couches de la cornée [30]

B. Définition de la pachymétrie :

La pachymétrie est la mesure de l'épaisseur apparente de la cornée utilisant la réflexion de la lumière sur l'épithélium et sur l'endothélium cornéen. Le déplacement du système optique lors de la mise au point sur ces deux structures, détermine l'épaisseur apparente de la cornée. [33]

Celle-ci peut être :[34]

- Totale (c'est-à-dire toute l'épaisseur cornéenne) ou sélective (épaisseur de différentes couches de la cornée comme le mur stromal postérieur.
- Centrale ou paracentrale : Les valeurs normales de pachymétrie cornéenne centrale varient selon l'origine ethnique, avec des moyennes plus fines par exemple au nord de l'Afrique et chez les mélanodermes. En Europe occidentale, la valeur normale est d'environ $550 \mu\text{m} \pm 30 \mu\text{m}$.

- En périphérie, la cornée mesure environ 700 μm d'épaisseur.

La différence entre la pachymétrie centrale et le thinnest local :

Il faut différencier entre la pachymétrie centrale et le thinnest local (point le plus fin). La différence réside dans la localisation précise et la nature de la mesure de l'épaisseur cornéenne :

- **Pachymétrie centrale :** Il s'agit de la mesure de l'épaisseur de la cornée au centre géométrique, souvent prise autour du centre de la pupille ou du vertex cornéen. Cette valeur correspond à une moyenne ou une mesure ponctuelle au centre de la cornée, qui est physiologiquement la zone la plus fine en moyenne.[35]
- **Thinnest local (point le plus fin) :** C'est la mesure de l'épaisseur minimale de la cornée, localisée précisément à l'endroit où la cornée est la plus fine, ce qui n'est pas toujours exactement au centre géométrique. Ce point peut être décalé, souvent en temporal inférieur, et sa localisation est importante pour détecter des anomalies cornéennes comme le kératocône débutant.[35]

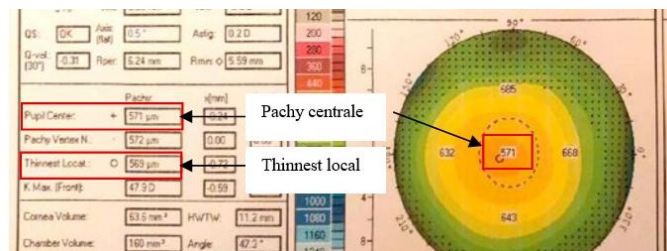


Figure 7: la position de la pachymétrie centrale et le thinnest local dans une image topographique

C. Les différents appareils de la pachymétrie :

Les différents pachymètres sont essentiellement les pachymètres optiques, les pachymètres à ultrasons et les méthodes dites nouvelles. Les différences entre les appareils résultent de leurs principes différents d'opérer. Cependant, la théorie de l'opération de base est commune, il s'agit de la réflexion de la lumière ou des ultrasons sur les surfaces antérieure et postérieure de la cornée.[33]

Pachymètres optiques :

La pachymétrie optique est la mesure de l'épaisseur apparente de la cornée utilisant la réflexion de la lumière sur l'épithélium et sur l'endothélium cornéen. Le déplacement du système optique lors de la mise au point sur ces deux structures, détermine l'épaisseur apparente de la cornée[33], parmi les appareils optiques qui calcule la pachymétrie on a :

i. Pachymétrie par topographie cornéenne (topographe cornéen d'élévation) :

La topographie cornéenne est une technique d'imagerie non invasive qui permet de cartographier la courbure et l'élévation de la surface antérieure de la cornée. Certains topographes cornéens intègrent des technologies qui permettent également d'évaluer l'épaisseur de la cornée. Les deux principales technologies utilisées à cette fin sont l'imagerie Scheimpflug et la topographie à balayage de fente :[36]

Le principe de balayage d'une fente lumineuse utilisée dans l'Orbscan permet d'étudier la face antérieure et postérieure de la cornée par triangulation et de déduire, par soustraction, des cartes d'élévation antérieure et postérieure. La pachymétrie est représentée par des cartes où un code couleur facilite la lecture des résultats, les couleurs chaudes étant les zones plus minces, et les couleurs froides, les zones plus épaisses de la cornée. Cette carte est accompagnée d'un facteur correspondant à un facteur correctif modifiable pour étalonner l'appareil en comparaison avec la pachymétrie ultrasonore (0,92 pour une cornée normale).

Le principe de la caméra Scheimpflug utilisé dans le PENTACAM (où l'image, la caméra et l'objet se trouvent sur trois plans se coupant en un point c'est-à-dire Quand des lignes orthogonales au plan du sujet (segment antérieur de l'œil sur lequel la fente de lumière est projetée), au plan d'objectif (objectif de la caméra) et le plan d'image se rejoignent à une position, la totalité du plan du sujet peut être capté et au point)[33] permet d'améliorer la profondeur de champ et la précision de l'image. Donc la pachymétrie est représentée sur une carte colorimétrique utilisant les mêmes codes qu'en Orbscan. [34]

Le rôle révolutionnaire de l'imagerie de Scheimpflug dans la chirurgie réfractive moderne :

L'imagerie de Scheimpflug offre une visualisation sans précédent du segment antérieur en maintenant la mise au point sur l'ensemble de la cornée, même lorsqu'elle est inclinée par rapport à l'axe optique. Le rôle est affiché dans:[37],[38],[39],[40], [41],

- Fournit des cartes précises de l'épaisseur cornéenne (pachymétrie), indispensables pour une planification LASIK sécurisée et le dépistage du kératocône.
- Génère des cartes d'élévation détaillées révélant des irrégularités cornéennes subtiles, invisibles avec la topographie traditionnelle.
- Permet une détection précoce du kératocône et des facteurs de risque d'ectasie, réduisant ainsi les complications postopératoires potentiellement graves.

- Facilite les comparaisons pré- et postopératoires complètes afin d'évaluer les résultats chirurgicaux avec une précision au micron près.
- Révolutionne l'éducation du patient par des visualisations 3D intuitives de l'architecture oculaire propre à chaque individu.
- Les appareils de référence incluent le PENTACAM HR, le Galilei G6 et le Sirius, chacun offrant des avantages distincts en pratique clinique.

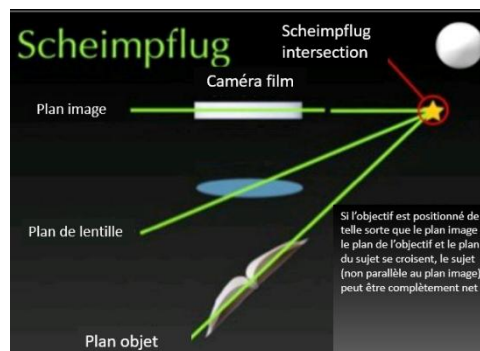


Figure 8: principe de Scheimpflug (Bonne application)

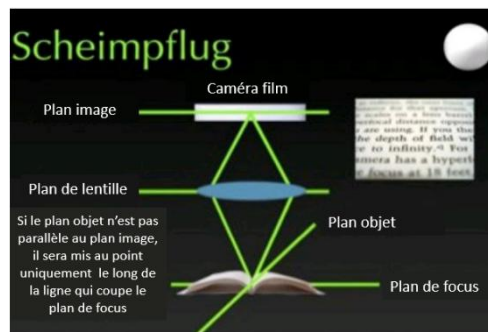


Figure 9: principe de Scheimpflug (Mauvaise application)

Les deux illustrations expliquent le principe de Scheimpflug ; Figure 9 est une bonne application de principe où tous les plans (plan objet, plan de lentille, plan image) se croisent en un seul point appelé point d'intersection de Scheimpflug), l'ensemble du sujet est incliné est net sur l'image. Figure 10 est une mauvaise application de Scheimpflug ou pas de Scheimpflug où le plan de sujet n'est pas parallèle au plan de l'image, mais la lentille n'est pas inclinée donc seul un petit morceau du sujet est net

Tableau 2: Avantages et inconvénients de la pachymétrie par topographie cornéenne (topographe cornéen d'élévation)

Avantages	Inconvénients
• Mesure non contact, rapide, simple et reproductible. • Cartographie complète de la cornée. • Informations couplées à la kératométrie et la pupillométrie : possibilité de déterminer la pachymétrie à l'apex cornéen et dans l'axe pupillaire	• Risque d'artéfacts pouvant être dus aux altérations du film lacrymal ou aux pertes de transparence de la cornée

ii. Pachymétrie par OCT (Tomographie en Cohérence Optique) :

La pachymétrie par OCT (Tomographie en Cohérence Optique) est une technique non invasive permettant de mesurer l'épaisseur de la cornée avec une grande précision. Elle utilise la réflexion de la lumière infrarouge pour obtenir des images en coupe de la cornée, souvent avec une résolution très fine, ce qui permet de réaliser des cartographies détaillées de l'épaisseur cornéenne .[42], [43], [44]

Tableau 3: Avantages et inconvénients de la pachymétrie par OCT

Avantages	Inconvénients
• Non invasive et sans contact. • Rapide et précise. • Polyvalente (segment antérieur/postérieur).	• Sensibilité aux mouvements du patient. • Sensibilité aux mouvements du patient. • Limitation dans certaines pathologies. • Pas toujours suffisant seul (nécessité des examens complémentaires).

iii. Pachymétrie par microscopie spéculaire :

La pachymétrie par microscopie spéculaire est une technique de référence, non invasive et sans contact, utilisée pour mesurer l'épaisseur cornéenne et analyser la densité ainsi que la morphologie des cellules endothéliales. Elle est particulièrement utile pour le diagnostic et le suivi des pathologies cornéennes, le dépistage du glaucome, et l'évaluation préopératoire avant chirurgie intraoculaire[45]. Sa fiabilité est renforcée par des appareils automatiques avec alignement et mesure répétable, assurant une bonne reproductibilité des résultats. Parmi ses avantages figurent la rapidité de l'examen, l'absence de douleur, et le fait qu'il ne nécessite pas de dilatation pupillaire, ce qui le rend facile à réaliser en consultation. Cependant, ses limites incluent une difficulté d'analyse en cas d'œdème cornéen important, nécessitant parfois un complément par OCT, ainsi que la dépendance à la qualité de l'image et à l'expertise pour l'interprétation des anomalies morphologiques.[45] ,

Pachymètres ultrasonores :

Les premières pachymètres ont été réalisées avec des appareils à ultrasons. Cette méthode constitue encore aujourd'hui la méthode de référence. Les sondes utilisées sont des sondes à haute fréquence (de l'ordre de 20 MHz) car elles permettent d'augmenter la résolution axiale et ainsi la précision des mesures qui est de l'ordre de 5 μ . Il faudra veiller, comme lors de tout examen échographique, à la bonne perpendicularité de la sonde avec la surface cornéenne pour éviter les surestimations.[32]

Les ultrasons sont transmis à l'œil à partir d'un transducteur. Puis ils sont réfléchis à partir des interfaces tissulaires vers le transducteur, permettant de déterminer la différence de temps entre

les signaux d'impulsion obtenus et donc de calculer l'épaisseur de la cornée en fonction de ce délai et de la vitesse du son dans le tissu cornéen.

Certains appareils offrent la possibilité de coupler les mesures à une échographie en mode A ou en mode B. D'autres appareils se présentent comme des pachymètres portatifs en forme de « stylos ». [34]

Tableau 4: Avantages et inconvénients des pachymètres ultrasonores

Avantages	Inconvénients
• Précision • Maniabilité • Faible coût	• Méthode contact avec anesthésie locale • Absence de carte pachymétrique • Impossibilité de mesurer les différentes couches cornéennes • Risque théorique de sur- ou de sous-estimation selon la célérité des ultrasons dans la cornée (par exemple en cas d'œdème la pachymétrie est réduite)

D. Applications Cliniques de la Pachymétrie en Ophtalmologie

Diagnostic et Gestion du Glaucome :

L'épaisseur cornéenne centrale (ECC) est un facteur significatif dans l'évaluation du risque de glaucome et la mesure de la PIO. Les cornées plus fines peuvent entraîner une sous-estimation des lectures de la PIO par tonométrie à aplanation, masquant potentiellement le risque de glaucome. Inversement, les cornées plus épaisses peuvent donner lieu à des lectures de PIO faussement élevées (hypertension oculaire) qui ne sont pas nécessairement indicatives d'un véritable glaucome. Une ECC plus fine est associée à un risque plus élevé.[46]. La pachymétrie aide à déterminer si un patient doit être traité comme suspect de glaucome en cas d'hypertension oculaire ou de tension basse. Elle peut influencer les décisions thérapeutiques, y compris l'ajustement de la PIO cible[47]. Une ECC plus fine est associée à un risque plus élevé. La pachymétrie Medicare considère la pachymétrie comme médicalement nécessaire pour les suspects de glaucome suite à un diagnostic d'augmentation de la PIO et avant l'initiation d'un traitement. Elle est généralement couverte une seule fois par vie, sauf en cas de traumatisme ou de chirurgie cornéenne intervalvaire.[48]

Les résultats de l'étude OHTS ont fondamentalement modifié l'approche du diagnostic et de la gestion du glaucome en soulignant le rôle essentiel de l'ECC. Auparavant, la PIO était le principal indicateur du risque de glaucome. Cependant, l'OHTS a démontré que l'épaisseur cornéenne influence significativement les mesures de la PIO et constitue un facteur de risque indépendant. Ceci nécessite l'utilisation routinière de la pachymétrie dans les évaluations du

glaucome afin d'obtenir une évaluation plus précise du risque et de guider les stratégies de traitement appropriées. [49]

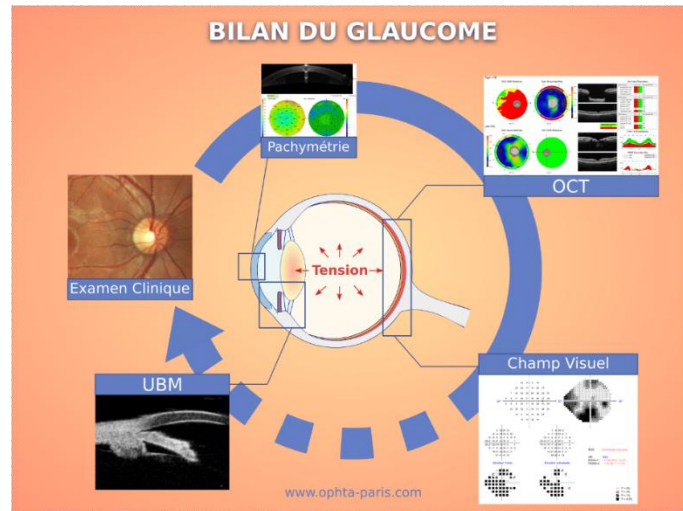


Figure 10: Bilan de suivi de glaucome [45]

Affections Cornéennes (Kératocône) :

La pachymétrie est cruciale pour le diagnostic, la surveillance et la gestion du kératocône, caractérisé par un amincissement et une protrusion de la cornée. Elle peut détecter les formes infracliniques du kératocône.

La pachymétrie, en particulier lorsqu'elle est combinée à la topographie et à la tomographie cornéennes, est indispensable pour la gestion du kératocône, permettant une détection précoce, une surveillance précise de la progression et des décisions éclairées concernant les interventions telles que le cross-linking cornéen ou l'adaptation de lentilles de contact. L'amincissement progressif de la cornée dans le kératocône a un impact direct sur la vision. La pachymétrie régulière aide à quantifier cet amincissement et à identifier les zones de cambrure maximale, guidant le choix des stratégies de gestion appropriées pour stabiliser la cornée et optimiser l'acuité visuelle. [50]

Port de Lentilles de Contact :

La pachymétrie peut être utilisée pour évaluer si les lentilles de contact provoquent un gonflement ou une hypoxie cornéenne, en particulier avec le port prolongé. Elle est utile en orthokératologie pour surveiller les changements d'épaisseur cornéenne dus au port de lentilles. [48]

II. Conclusion :

L'épidémiologie, en tant que discipline scientifique, joue un rôle fondamental dans la compréhension des maladies et dans l'élaboration de stratégies de prévention adaptées aux réalités des populations. Son évolution historique témoigne d'une progression méthodologique constante, allant des simples observations cliniques aux études statistiques complexes d'aujourd'hui. À travers les différents types d'études épidémiologiques, les chercheurs disposent d'outils rigoureux pour analyser la distribution des maladies, en identifier les causes potentielles et évaluer l'impact des interventions de santé publique.

Dans le champ de l'ophtalmologie, l'épidémiologie se révèle particulièrement précieuse pour quantifier l'ampleur des pathologies visuelles, comprendre leurs déterminants, et orienter les programmes de dépistage et de traitement. Des paramètres biométriques tels que la pachymétrie cornéenne deviennent alors des indicateurs clés dans les études populationnelles, notamment dans la détection précoce de pathologies telles que le glaucome ou le kératocône.[16]

L'usage croissant des outils informatiques et des logiciels statistiques spécialisés permet aujourd'hui de gérer, analyser et visualiser les données épidémiologiques de manière efficace. Ces outils sont indispensables pour transformer les données brutes en informations exploitables par les professionnels de santé et les décideurs.

Ce chapitre a ainsi permis d'établir les fondements théoriques nécessaires à la mise en œuvre d'un projet épidémiologique appliqué à l'ophtalmologie. Ces connaissances serviront de base à la conception et au développement d'un site web permettant de collecter et d'analyser les données relatives à la pachymétrie cornéenne en Algérie, dans une perspective à la fois scientifique, médicale et technologique.

Partie pratique

Introduction :

La première tranche de cette partie est consacrée à une étude clinique de la pachymétrie cornéenne au sein d'une population algérienne, ça relation avec l'âge, le sexe et la réfraction, la comparer de la littérature mondiale et nous avons même faire une comparaison à l'échelle régional. Le but de cette étude est d'établir des références locales et de mieux comprendre les variations biométriques spécifiques à notre contexte.

La seconde partie, objet du présent développement, concerne la conception et la mise en œuvre d'une plateforme numérique dédiée à la gestion des dossiers médicaux en santé oculaire. Cette plateforme, nommée **OPTO-DZ**, a été pensée comme un outil destiné aux professionnels de la vision – ophtalmologistes, optométristes et orthoptistes – ainsi qu'aux patients, en vue d'optimiser le suivi médical, de faciliter le partage d'informations et de centraliser les données de manière sécurisée.

L'articulation entre ces deux volets a permis d'illustrer, de manière concrète, l'intérêt et la pertinence de la numérisation des données médicales. Nous allons voir comment, grâce à notre plateforme, la collecte des données nécessaires à l'étude statistique a été grandement facilitée, permettant une approche plus fluide, plus rapide et plus fiable du recueil d'informations. Cette intégration technologique ouvre également la voie à une meilleure organisation du système de santé oculaire, à une amélioration du suivi des patients, à une communication plus fluide entre les professionnels de santé et leurs patients, ainsi qu'à un potentiel considérable en matière de recherche scientifique à l'échelle nationale.

Dans les sections qui suivent, nous présenterons en détail les démarche de notre étude statistique sur l'ECC à l'échelle nationale et de développement de notre plateforme, ses fonctionnalités principales, ainsi que les perspectives qu'elle offre pour l'avenir de l'ophtalmologie et l'optométrie en Algérie.

Chapitre I : Etude statistique sur le pachymétrie de la population algérienne

I. Introduction :

Les valeurs de référence de la pachymétrie peuvent varier selon les caractéristiques démographiques, génétiques et environnementales des populations. Dans ce contexte, cette étude vise à analyser l'ECC au sein d'un échantillon représentatif de la population algérienne.

Nous avons examiné la relation entre l'ECC et plusieurs facteurs cliniques et démographiques, notamment l'âge, le sexe et la réfraction. Ces résultats ont ensuite été confrontés aux données issues de la littérature internationale afin de situer notre population dans un contexte global. Nous avons également réalisé une comparaison régionale pour évaluer les variations intra-nationales éventuelles.

Cette analyse statistique nous a permis non seulement de mieux comprendre les particularités de notre population, mais aussi de souligner l'importance de disposer de références locales pour une prise en charge plus précise et personnalisée en santé oculaire.

II. Echantillonnage :

Il s'agit d'un mélange de deux études, une étude prospective et une étude rétrospective, observationnelles analytiques transversales des données recueillies sur une base de données informatisées concernant **236 patients (458 yeux)** [213 cas rétrospectives et 23 cas prospectives], collecté dans 3 cliniques : Clinique de la vision Pr CHIALI Oran, Clinique de la vision Pr CHIALI Alger, Clinique EL OMARAA Dr KHOUANE Mascara, sur une durée de 03 mois de 02 février 2025 à 02 mai 2025. Il s'agit également d'une étude comparative avec les données de la littérature mondiale.

A. Critères d'inclusion :

Pour l'étude rétrospective, nous avons consulté les archives des dossiers médicaux des cliniques mentionnées et nous avons pris les dossiers qui contiennent les topographies d'élévation avec PENTACAM et qui ont un historique médical sans aucune pathologie oculaire (la majorité des cas était devant une chirurgie réfractive de SMILE pour réduire ses myopies, les topographies prises étaient pré-chirurgicales). Pour l'étude prospective, nous avons inclus des sujets avec des cornées saines choisis au hasard parmi les patients consultant pour correction optique, le personnel médical de la clinique de la vision de Pr. CHIALI Oran, les accompagnants des malades et les malades venus pour autre consultation et même des volontaires. Tous étaient d'origine algérienne âgée entre **13 et 69 ans**.

B. Critères de non inclusion :

Les sujets qui ont été exclu de notre étude : les patients avec antécédent de chirurgie et de traumatisme oculaire, les malades suivis pour pathologie oculaire (le kératocône est un critère de non inclusion dans notre étude).

III. Matériels et méthodes :

Notre étude a porté sur **236 cas** entre des cas recueillis directement de la base de données des cliniques d'ophtalmologie : Clinique de la vision Pr CHIALI Oran, Clinique de la vision Pr CHIALI Alger et clinique EL OMARAA Dr KHOUANE Mascara. Et des cas pris par nous même au sein de clinique de la vision Pr CHIALI Oran.

Notre méthode comprend trois étapes :

A. La phase de conception de la fiche d'exploitation :

Elle vise à la création d'une fiche d'exploitation qui va simplifier le recueil des données, et de les standardiser pour en faciliter l'exploitation et l'analyse. Et d'intégrer les sujets concernés par l'étude prospective dans notre plateforme numérique **OPTO-DZ** pour tester sa performance et pour observer l'impact de la numérisation des dossiers médicaux sur la gestion des dossiers médicaux globalement et sur la collecte de données et la recherche scientifique spécifiquement.

B. La phase de collecte des données :

A partir de nos bases de données, nous procéderons à la collecte des données des deux études. Après nous avons les mettre dans une fiche commune pour commencer l'analyse.

C. La phase d'analyse des données :

Facilitée par la fiche d'exploitation, la rédaction des résultats et leur représentation graphique a été réalisées par l'utilisation des logiciels Microsoft Word et Excel et SPSS.

IV. Modalités de recueil des données et techniques d'examen :**A. L'appareil utilisé :**

Dans notre étude, toutes les mesures de l'ECC mentionnées été pris par le topographe d'élévation PENTACAM. Ainsi que les réfractions par des autokératorefractomètres numériques.

B. La population mesurée :

Tous étaient d'origine algérienne, avec des cornées saines, âgés entre **13 et 69 ans**.

C. Déroulement de l'enquête :

Nous avons plusieurs tâches à faire pour compléter l'enquête :

- Collecter les cas qui correspondent à notre étude de la base de données des cliniques.
- Faire une consultation immédiate et prendre les résultats des nouveaux cas (nouveaux patients visitant la clinique, ses accompagnants, infirmières, volontaires...).
- Faire sauvegarder les résultats sur un support numérique.
- Faire intégrer les nouveaux cas dans notre plateforme sécurisée **OPTO-DZ**.
- Faire copier tous les résultats obtenus dans un fichier Excel commun pour faire l'étude statistique finale.

D. Déroulement de l'examen :

Tous les yeux ont été soumis à une mesure de l'épaisseur cornéenne centrale par PENTACAM après une mesure avec l'autokératorefractomètre.

Nous avons obtenu les images topographiques après installation des sujets sur l'appareil avec le menton sur la mentonnière et le front contre une sangle frontale dans une salle obscure. Nous avons demandé au sujet de se fixer les yeux en droit devant.

E. Aspects éthiques et déontologique :

Le consentement éclairé et la confidentialité ont été respectés avec les cliniques.

F. Recherche des données internationales pour la comparaison :

Nous avons cherché des études mondiales similaires pour comparer nos résultats avec.

V. RESULTAT :

A. Les données épidémiologiques de l'échantillon :

L'élaboration de ce travail a été basée sur deux études : rétrospective et prospective, portant sur **236** sujets sains recueillies de **3** cliniques algériennes, sur une période de 3 mois allant de 02 Février 2025 au 02 mai 2025.

L'âge :

L'âge moyen des patients est de **33.70 ans (13-69ans)**. Nos patients de sexe masculin avaient entre **13** et **60 ans** (Moyenne : **33.33 ans**). Nos patients de sexe féminin avaient entre **16** et **69 ans** (Moyenne : **33.89 ans**). (Tableau 8)

La tranche d'âge de **20 à 29 ans** avec **88 personnes (37.28 %)** était la plus représentée, suivie par la tranche de **30 à 39 ans** avec **84 patients (35.59 %)**.

Il est conseillé de segmenter la population en tranches d'âge dans les études similaires.[56]

Tableau 5: Répartition de notre échantillon selon l'âge

Sexe	Max. Âge	Min. Âge	Moy. Âge
Femme	69	16	33.89
Homme	60	13	33.33
Total	69	13	33.70

Le sexe :

Notre étude a couvert **236 sujets** dont **157** étaient des femmes, et **79** étaient des hommes. Un sexe ratio F/ H de **1.99**. (Tableau 9) (Figure 13)

Tableau 6: Répartition de notre échantillon selon le sexe

Sexe	Le nombre de patients	Pourcentage %
Femme	157	66.53%
Homme	79	33.47%
Grand Total	236	100.00%

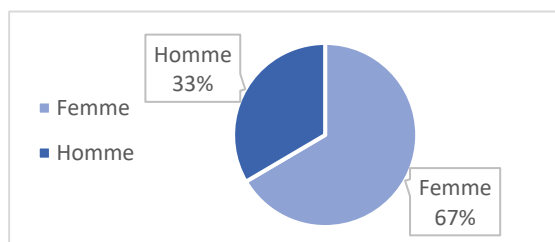


Figure 11: Répartition de notre échantillon selon le sexe

Antécédents pathologiques :

La totalité des patients n’avait pas d’antécédents pathologiques personnels particuliers.

La réfraction automatique en équivalent sphérique :

Tous les cylindres supérieur ou égal à **0.50D** été considéré comme des astigmatismes. La réfraction automatique en équivalent sphérique variait de **-22.00D** à **+3.75 D**, avec une moyenne de **-4.06D**. **6.38%** de notre échantillon, étaient emmétropes avec une réfraction automatique en équivalent sphérique variant entre **-0.25D** et **+0.25D**. Il y avait **4.25%** des yeux hypermétropes avec une réfraction automatique supérieure à **+0.25D** et **5.74%** des yeux hypermétropes astigmates avec une réfraction automatique supérieure à **+0.50D** (équivalent sphérique) et **8.29%** de sujets myopes avec une réfraction automatique inférieure à **-0.25D** et **71.49%** de yeux myopes astigmates avec une réfraction automatique inférieure à **-0.50D** (équivalent sphérique). **3.83%** de notre échantillon était des pures astigmates avec un équivalent sphérique supérieur à **+0.50D** et inferieur a **-0.50D**. (Figure 14)

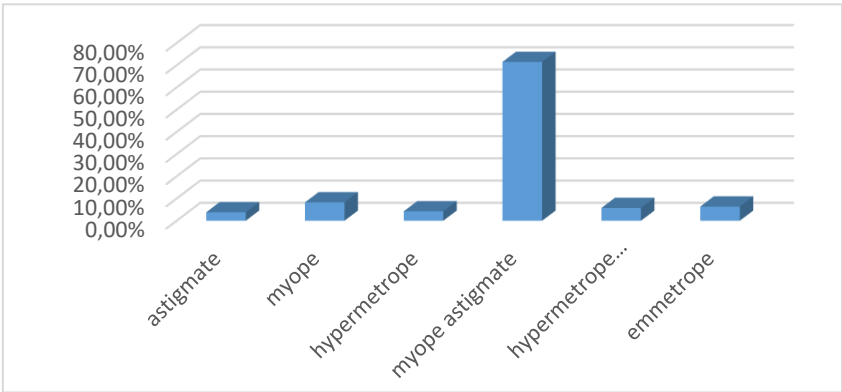


Figure 12: Répartition de notre échantillon selon l'amétropie

La région :

La grande surface de **2381741km²** et la population estimée de **46.7 millions** d’habitants au 1er janvier 2024[57] de notre pays selon le site officiel du ministère des affaires étrangères, nous a obligé d’étudier notre échantillon aussi sur l’échelle régionale. La région ‘**Ouest**’ était la plus mentionnée en participant avec **194 patients**. (tableau 10)(Figure 15)

Tableau 7: Répartition régionale de notre échantillon

Région	Nombre des cas
Est	6
Nord	15
Ouest	194
Sud	21
Grand Total	236

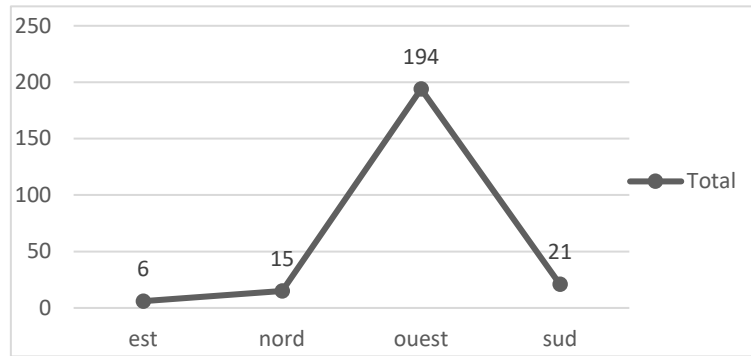


Figure 13: Répartition régionale de notre échantillon

VI. Etude des résultats obtenus en fonction des différents groupes d'études :

A. Répartition globale :

L'épaisseur cornéenne centrale moyenne pour l'ensemble des mesures est de $529.82 \pm 32.24 \mu\text{m}$ avec des extrêmes allant de 437 à $644 \mu\text{m}$. L'ECC de [501 à $525 \mu\text{m}$] avec 129 yeux (28,16%) était la plus représentée, suivie respectivement par la tranche de [526 à $550 \mu\text{m}$] avec 124 yeux (27,07%).(Figure 16)

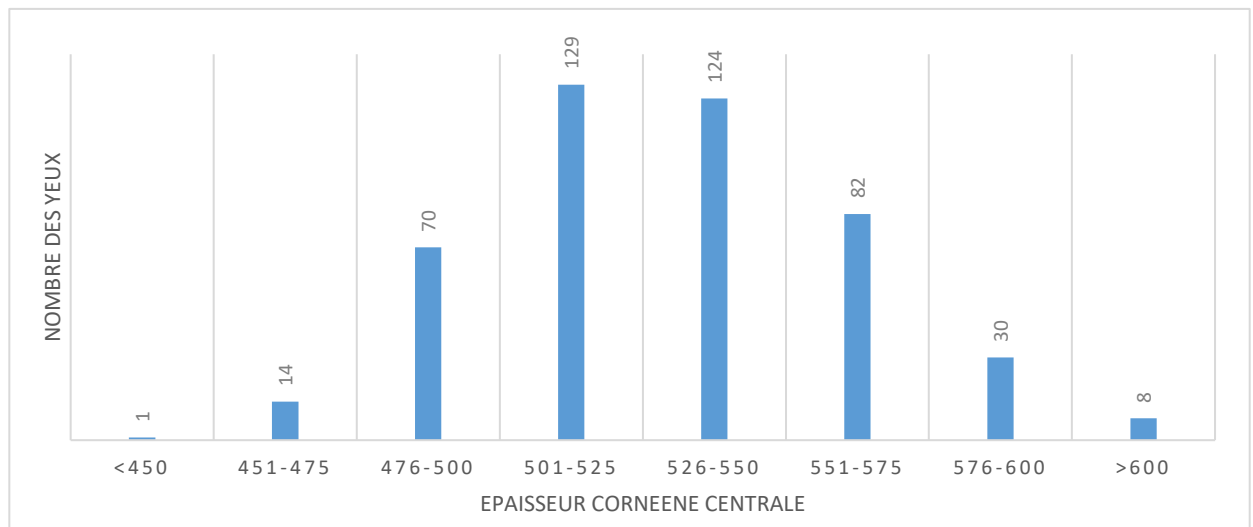


Figure 16: Répartition globale de l'ECC de notre échantillon

B. Résultats en fonction de l'âge :

Les valeurs moyennes de l'ECC calculées selon les différentes classes d'âge montrent des chiffres variables. Mais avec une tendance de diminution des valeurs avec l'âge comme c'est représenté sur la (tableau 11)(figure 17).

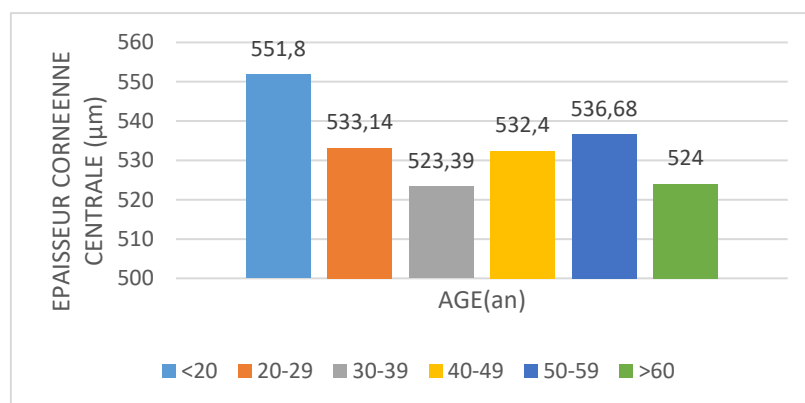


Figure 14: répartition de L'ECC selon l'âge

Le tableau résume les résultats retrouvés selon les tranches d'âge

Tableau 8: Répartition de l'ECC de notre échantillon selon l'âge

Age(an)	Nombre de patient	Pourcentage	La moyenne ECC (μm)
<20	5	2%	551.80
20-29	88	37.28%	533.14
30-39	84	35.59%	523.39
40-49	45	19.06%	532.40
50-59	11	4.66%	536.68
>60	2	0.8%	524.00

C. Résultats en fonction du sexe :

L'ECC moyenne est de **530.70μm** avec des extrêmes de **644** et **467μm** chez les hommes.

L'ECC de **[526 à 550μm]** avec **40 cas (26.31%)** et L'ECC de **[501 à 525 μm]** avec **39 cas (25.65%)** étaient les plus représentées.

Une ECC moyenne de **529.37μm** a été retrouvée chez les femmes avec des extrêmes de **437** et **602μm**. L'ECC de **[501-525μm]** avec **94 cas (30.71%)** était la plus représentée, suivie respectivement par la tranche de **[526-550μm]** avec **85 cas (27.77%)**. (Figure 18)

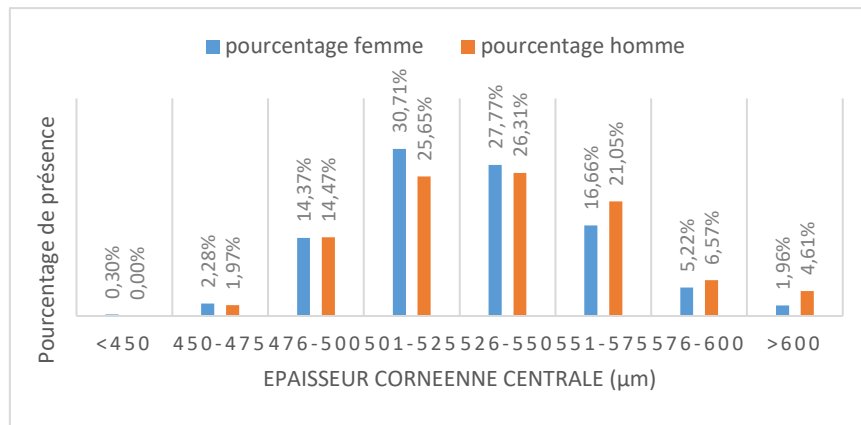


Figure 15: Pourcentage de présence de sexe selon les tranches des ECC

D. Résultats en fonction de réfraction :

Les valeurs moyennes de l'ECC calculées selon la réfraction automatique des yeux en équivalent sphérique montrent des chiffres variables (tableau).

L'ECC moyenne est de **545.11μm** chez les hypermétropes,

L'ECC moyenne est de **541.05 μm** chez les myopes,

L'ECC moyenne est de **532.37μm** chez les emmétropes,

L'ECC moyenne est de **528.87μm** chez les astigmatiques purs,

L'ECC moyenne est de **528.70μm** chez les myopes astigmatiques,

L'ECC moyenne est de **493.85μm** chez les hypermétropes astigmatiques,

L'ECC chez les yeux hypermétropes était la plus épaisse avec une valeur de **545.11μm** suivi par les yeux myopes avec ECC de **541.05 μm** (tableau 12) (figure 19).

Tableau 9: Répartition de l'ECC selon la réfraction

Type de défaut visuel	Nombre des yeux(an)	Moy. ECC (μm) globale
Hypermétrope Astigmatique	27	493.85
Myope Astigmatique	336	528.70
Astigmatique	18	528.87
Emmetrope	30	532.37
Myope	39	541.05
Hypermétrope	20	545.11

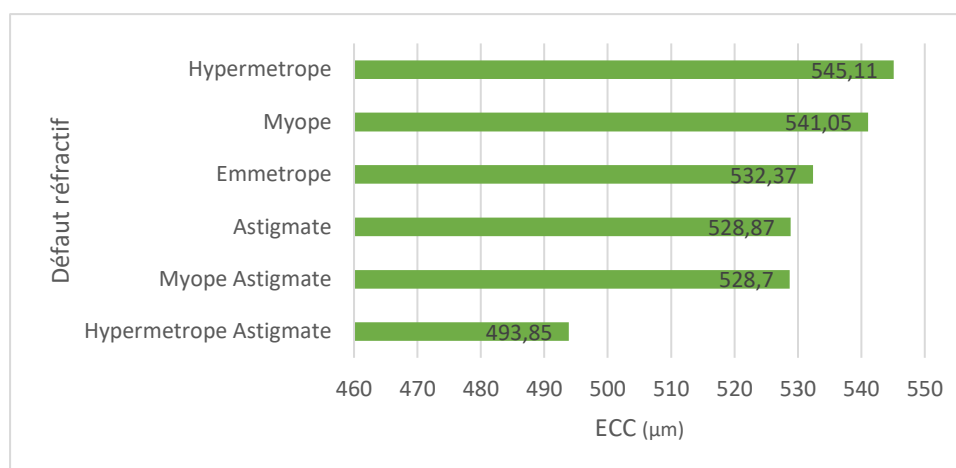


Figure 16: Répartition de L'ECC selon les défauts réfractifs

E. Résultats en fonction de région :

La région 'Nord' eue la moyenne d'ECC la plus mince avec une valeur de **522.29μm** participant avec **15 cas (ODG)**. En revanche, la région 'Est' eue la ECC la plus épaisse avec moyenne de **534.33μm** participant avec **6 cas (ODG)**. (tableau 13)(Figure 20)

Tableau 10: Répartition des cas selon les régions

Région	Nombre des cas (ODG)	Moy. ECC OD (μm)	Moy. ECC OG (μm)
Est	6	534.33	534.00
Nord	15	522.33	522.29
Ouest	194	530.23	530.73
Sud	21	524.95	530.67
Grand Total	236	529.37	530.29

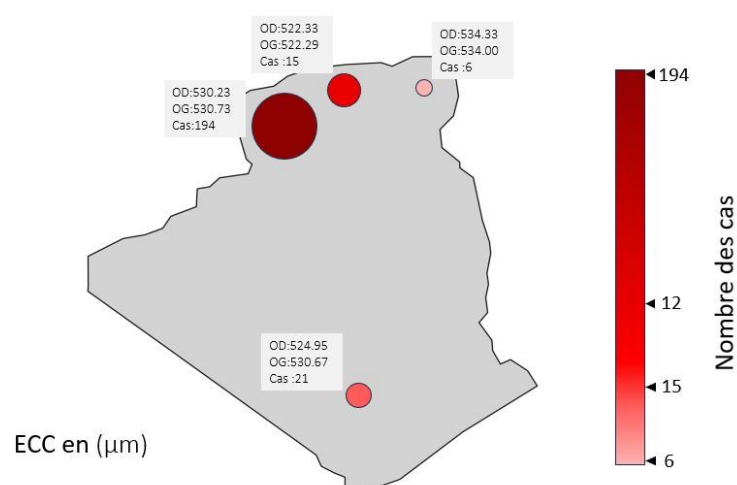


Figure 17: Répartition des cas selon les régions

VII. Discussion

A. Analyse des données épidémiologiques et cliniques :

Age :

L'âge de nos sujets variait entre **13** et **69 ans**. L'âge moyen est de **33.70 ans**. Les deux tranches d'âge de **20 à 29 ans (37.28 %)** et de **30 à 39 ans (35.59 %)** étaient les plus représentées. Donc notre échantillon comprenait surtout des sujets jeunes.

Ouederni et al[58] avaient étudié un échantillon avec un âge qui variait de 18 et 77 ans, avec une moyenne de $47 \pm 13,5$ ans. Et donc aussi un échantillon relativement jeune. Ayena et al[59] avait trouvé que la tranche d'âge de 45 à 54 ans avec 257 personnes (21,33 %) était la plus représentée, L'âge de leur échantillon varie de trois à 85 ans. Les patients de moins de 16 ans représentaient 8,79 % de l'ensemble de l'échantillon.

De même, une étude faite par E. Costantini et al.[56] a trouvé que La plupart des paramètres de l'épaisseur cornéenne sont statistiquement influencés par l'âge. Les modifications de l'épaisseur avec l'âge ne sont pas homogènes et varient en fonction de la localisation.

Le tableau résume les valeurs d'âge moyen des différentes études récentes de la littérature. Eton notant que l'âge moyen de notre échantillon était jeune par rapport au reste des données de la littérature. (Tableau 14)

Tableau 11: L'âge moyen des sujets en fonction des échantillons.

Auteurs	Moyenne d'âge (ans)
M. Ouedernia 2019[58]	47±13.5
Archna Prasad 2011[60]	40±6.12
Mitsugu shimmyo 2003[61]	37.36 ± 9.71
Arnavielle et al 2009[62]	63±9
Bechmann et al 2001[63]	52.0 ± 19.7
Notre échantillon	33.70 ± 9.34

Sexe :

Dans notre échantillon de **236 sujets** on note que l'élément féminine était le plus représenté, **79 hommes (soit 33.47%)** contre **157 femmes (soit 66.53%)**. Le sexe ratio est de **1.99**.

Dans l'étude de l'Ouedernia 2019[58], le groupe étudié a été composé de 201 sujets sains. Le sexe ratio H/F était de 0,46 avec 137 femmes et 64 hommes. Tandis que dans l'étude Ayena

et al[59], le groupe étudié a été composé de 1205 personnes dont 609 hommes et 596 femmes. La sexe-ratio est de 1,02. Yuta Ueno et al 2015[64] avaient un rapport de 213 hommes sur 205 femmes et un sexe ratio de 1,05.

La réfraction automatique en équivalent sphérique :

Dans notre étude, la réfraction automatique en équivalent sphérique variait de **-22 D** à **+3.75 D**, avec une moyenne de **-4.06**, la grande tranche était des myopes astigmatiques **71,49%** cette valeur a une relation directe avec la nature des cliniques où nous avons collecté nos données (2/3 des cliniques dans notre étude sont spécialisées dans la chirurgie réfractive SMILE).

La réfraction automatique en équivalent sphérique variait de $-15,5$ à $+4,25$ D dans l'étude de l'Ouedernia 2019[58]. Il y avait 54,7 % de la population qui étaient emmétropes 20,9 % sujets myopes 49 sujets hypermétropes. Une autre étude menée par Archana Prasad 2011[60], la réfraction automatique en équivalent sphérique moyenne était de -3.78 ± 3.30 D (variait de $+6.00$ à 217.75 D). Dans l'étude de Yuta Ueno et al[65], la réfraction automatique en équivalent sphérique variait de -10.0 and $+3.0$ dioptries.

VIII. Analyse globale des résultats de l'épaisseur cornéenne centrale moyenne :

Nous avons étudié **458** yeux chez **236** sujets sains entre des cas prospectives et des cas rétrospectives. L'épaisseur cornéenne centrale mesurée par PENTACAM, allait de **437** à **644 μ m** avec une valeur moyenne de **529.82 μ m** (ODG).

Notre étude présente une épaisseur centrale de la cornée (ECC) supérieure à la moyenne de $518 \mu\text{m}$ rapportée par Lazreg et al., qui ont étudié l'ECC chez une population nord-africaine. Cette étude a conclu que l'ECC chez les Africains du Nord était statistiquement plus faible que dans les autres études disponibles dans la littérature[66]. De même, l'étude d'Ouedernia et al.[58] sur une population tunisienne a trouvé une moyenne de $508,1 \mu\text{m}$, et l'étude de Narjisse Taouri et al.[30] a rapporté un résultat de $518,25 \mu\text{m}$.

Suzuki et al. ont également mesuré l'ECC chez une population japonaise saine, qui avait une moyenne de $517,52 \mu\text{m}$ [67].

En revanche, plusieurs études dans la littérature montrent une moyenne d'ECC plus élevée que celle observée dans notre étude. Par exemple, Archana Prasad et al.[60], dans leur étude sur une population candidate à la chirurgie réfractive, ont trouvé une ECC de $544,6 \mu\text{m}$, et l'étude

de AC-M Wong et al. sur une population chinoise a rapporté une moyenne d'ECC de 555,96 μm [68].

Le tableau suivant (tableau 15) rassemble des exemples récents de différentes études de la littérature.

Tableau 12: Résumé de diverses études sur l'ECC

<i>Auteur</i>	<i>l'année</i>	<i>Le nombre des yeux étudié</i>	<i>La population</i>	<i>ECC Moyenne (μm)</i>	<i>ECC Min</i>	<i>ECC Max</i>
<i>l'Ouedernia et al [58]</i>	2019	-	tunisienne	508,1	440	600
<i>Suzuki et al [67]</i>	2005	7313	japonaise	517.5	459.1	575.9
<i>Lazreg et al [66]</i>	2013	-	africains du Nord	518	-	-
<i>TAOURI et al [30]</i>	2022	104	marocainne	518,25	427	608
<i>Notre échantillon</i>	2025	458	algérienne	529.82	437	644
<i>Yuta Ueno et al [65]</i>	2015	418	-	530.7	-	
<i>Ayena et al. [59]</i>	2013	2410	mélanodermes africains	532,94	391	672
<i>Archna Prasad et al[60]</i>	2011	5158	-	544,6	415	695
<i>AC-M Wong et al[68]</i>	2002	74	Chinoise	555.96	474	608.3

IX. Corrélation entre l'épaisseur centrale de la cornée et d'autres facteurs :

A. Etude des résultats obtenus en fonction d'âge :

Dans notre échantillon, les valeurs moyennes de l'ECC calculées en fonction des différentes classes d'âge montrent des résultats variés, mais avec une tendance générale à la diminution des valeurs à mesure que l'âge augmente. Nous avons observé qu'avant l'âge de **20 ans**, l'ECC est supérieure à la moyenne globale (**529,82 μm**), tandis qu'après **60 ans**, l'ECC présente la moyenne la plus faible. Cette corrélation inverse entre l'âge et l'ECC a également été rapportée dans d'autres études de la littérature.

Une étude menée sur la population africaine mélanoderme a observé une corrélation entre l'ECC et l'âge, montrant que l'ECC diminue progressivement après l'âge de 35 ans[59] . De même, une autre étude réalisée en 2004[59] sur un groupe de 801 personnes de différentes ethnies a également mis en évidence une relation inverse entre l'âge et l'ECC dans tous les groupes étudiés, avec une diminution de 3,0 μm de l'ECC par décennie. L'étude marocaine de Taouri et al [30] référence montre aussi diminution de l'ECC après l'âge de 40 ans.

Cependant, certaines études dans la littérature ne rapportent aucune association significative entre l'âge et l'ECC[69], [70],[71] , [61].

B. Etude des résultats obtenus en fonction du sexe

Dans notre étude nous avons retrouvé une différence de **1.33 μm** entre les moyennes d'ECC des deux sexes. L'ECC moyenne était de **530.70 μm** chez les sujets de sexe masculin et de **529.37 μm** chez les sujets de sexe féminin.

De même une étude menée en 2004[72], Il n'y avait pas de différence statistiquement significative dans la moyenne ECC trouvé entre les 2 sexes (ECC moyenne des hommes était de 544.8 μm et ECC moyenne des femmes était de 541.3 μm).

Dans une autre étude marocaine de 2022 [30] a retrouvé une épaisseur cornéenne centrale presque 2 μm plus importante chez les femmes que chez les hommes. Cette différence n'était pas statistiquement significative.

Certaines études notent que les sujets féminins ont cornées légèrement plus épaisses que les sujets masculins, alors que d'autres notent que les hommes ont des cornées légèrement plus épaisses que les femmes[73].

C. Etude des résultats obtenus en fonction de réfraction

Dans notre échantillon les valeurs moyennes de l'ECC calculées selon la réfraction automatique en équivalent sphérique montrent des chiffres variables :

- L'ECC moyenne est de **545.11 μm** chez les hypermétropes,
- L'ECC moyenne est de **541.05 μm** chez les myopes,
- L'ECC moyenne est de **532.37 μm** chez les emmétropes,
- L'ECC moyenne est de **528.87 μm** chez les astigmatiques purs,
- L'ECC moyenne est de **528.70 μm** chez les myopes astigmatiques,
- L'ECC moyenne est de **493.85 μm** chez les hypermétropes astigmatiques,

Dans notre étude, l'astigmatisme a joué un très grand rôle, les sujets ayant des astigmatismes forts eue des cornées plus fines ce qui est le cas avec nos sujets hypermétropes astigmatiques qui représentent la moyenne la plus fine en comparaison avec les autres sujets.

Dans les amétropies pures (sans astigmatisme ou avec un astigmatisme très faible), les sujets hypermétropes ayant l'ECC la plus épaisse par rapport aux myopes et hypermétropes. C'est le même résultat trouvé par Taouri et al [30] : *l'ECC des sujets myopes était la plus fine en comparaison avec les sujets hypermétropes.*

En ce qui concerne la corrélation entre l'ECC et la réfraction dans l'étude tunisienne de 2019[58], il n'y avait pas de relations entre les deux paramètres. Ce fut aussi le cas pour certaines autres études, qui n'ont trouvé aucune corrélation significative[73],[74]. Comme Martola et Baum[75] qui n'ont rapporté aucune corrélation entre ces deux paramètres.

Cependant, d'autres études, comme la nôtre, ont trouvé une corrélation positive entre l'équivalent sphérique et l'ECC. En effet, les yeux présentant des équivalents sphériques plus négatifs avaient des cornées significativement plus fines[76],[77] .

Ainsi nous trouvons Tanaka et al[78], ont rapporté que les myopes forts (équivalent sphérique $>-9,00$ D) avaient des ECC plus fines que les faibles myopes (équivalent sphérique $<-3,30$ D), mais ils n'ont pas précisé la tranche d'âge de leurs sujets.

D. Etude des résultats obtenus en fonction de la race

Ce travail portant sur **236 sujets** algériens sains permet de noter une ECC moyenne de **529.82 μm** .

De nombreuses recherches ont démontré que les individus de race noire affichent une épaisseur cornéenne centrale (ECC) inférieure par rapport à ceux d'autres groupes ethniques[79],[80],[81],[82],[83],[61]. Par exemple, une recherche effectuée par Shimmyo et al. [61] sur une population jeune avant une chirurgie kératoréfractive a démontré que les Afro-Américains affichaient une épaisseur centrale cornéenne moyenne de 535 μm , nettement plus fine que celle observée chez les Asiatiques, Caucasiens et Hispaniques, dont la moyenne était de 550 μm .

De même, Rosa et al. [82] ont rapporté que l'ECC moyenne des Afro-Américains était statistiquement plus faible que celle des Caucasiens. Une autre étude comparative [80] a également souligné des différences significatives selon les races : l'ECC moyenne des Afro-Américains était inférieure à 555 μm , tandis que celle des Caucasiens atteignait 562,2 μm , et celle des Asiatiques (populations dites "jaunes") 572,4 μm .

La recherche d'Aghaian et al. (2004)[72] a élargi cette étude en mettant en parallèle plusieurs groupes ethniques (Chinois, Japonais, Philippins, Caucasiens, Hispaniques et Afro-Américains). La valeur moyenne générale de l'ECC chez les participants s'élevait à 542,9 μm . En termes d'ECC, les Chinois avaient une mesure de 555,6 μm , les Philippins 550,6 μm , les Caucasiens 550,4 μm , les Hispaniques 548,1 μm et les Japonais 531,7 μm . Les Afro-Américains présentaient le niveau d'ECC le plus bas, avec une moyenne de 521,0 μm , différence considérée comme statistiquement significative comparée à tous les autres groupes.

De même, une étude tunisienne de 2019 et une autre concernant des populations africaines à peau noire (mélanodermes) ont aussi mis en évidence que l'ECC chez ces individus était plus fine par rapport à d'autres races [58], [59].

Notre recherche corrobore ce qui a déjà été mis en évidence par d'autres études. La moyenne de l'épaisseur cornéenne centrale obtenue dans notre échantillon était inférieure comparée aux valeurs des autres races mentionnées dans les publications mondiales.

X. Synthèse :

Il demeure difficile d'établir des conclusions définitives quant à la variation de l'épaisseur cornéenne centrale (ECC) en fonction de la race, de l'âge, du sexe ou de la réfraction, en raison des différences méthodologiques entre les études. La diversité des techniques de mesure, telles que la pachymétrie ultrasonique ou l'analyse par PENTACAM, peut en partie expliquer les écarts observés dans les résultats publiés[58]. Ainsi, les corrélations entre l'ECC et ces facteurs restent controversées.

Dans ce contexte, notre étude apporte une contribution pertinente, en menant une évaluation régionale de l'ECC dans notre pays. Nous nous sommes efforcés de minimiser les sources de biais en n'incluant que des sujets en bonne santé, en recourant au même équipement, à la même configuration clinique et à une instrumentation homogène pour tous les participants. Ces normes strictes ont permis d'acquérir des résultats crédibles, mettant en évidence des différences notables dans l'ECC moyenne.

Conformément à la plupart des recherches précédentes, nous avons noté une baisse graduelle de l'ECC avec l'avancée en âge, surtout au-delà de 60 ans. Par ailleurs, les individus myopes avaient des cornées plus minces que les hypermétropes. Il faut mentionner aussi que l'astigmatisme a joué un grand rôle dans notre recherche où les sujets qui ont des forts astigmatismes ayant des ECC très fines. Dans notre population, l'ECC moyenne que nous avons mesurée s'est avérée plus basse comparativement à celle mentionnée dans d'autres groupes ethniques au niveau mondial. Cependant, notre échantillon n'a pas révélé de lien significatif entre l'ECC et le sexe.

XI. Conclusion :

Nous avons analysé, pour la première fois, des valeurs d'épaisseur cornéenne centrale normales d'une population algérienne en bonne santé. A notre connaissance, il s'agit de la première étude de la distribution de l'ECC dans la population algérienne.

La force de notre étude est qu'elle donne une compréhension de la variation raciale dans l'épaisseur cornéenne centrale en comparant les ECC moyennes de différents groupes qui ont été examinés dans le même cadre clinique avec la même machine de PENTACAM.

Nos résultats montrent que dans les yeux normaux de la population algérienne, l'ECC n'est pas corrélé avec le sexe. Une corrélation positive significative a été trouvée entre le l'ECC et

l'équivalent sphérique et une corrélation négative entre l'ECC et l'âge. Une corrélation significative a été trouvée entre l'ECC et âge pour les sujets des deux sexes âgés plus de 60 ans.

La réalisation de cette étude nous a aidé à explorer le rôle puissant de la numérisation des données médicales dans la gestion des dossiers des patients d'un côté et la recherche scientifique d'un autre côté. Nous allons bien détaillé par rapport à cet aspect dans le titre qui suit.

Chapitre II : Développement de la plateforme

I. Problématique :

La problématique centrale est de concilier la nécessité d'une gestion efficace et sécurisée des données médicales avec les exigences de confidentialité et de protection des données sensibles. Le système doit permettre une accessibilité rapide aux informations tout en garantissant la sécurité et la conformité aux réglementations en vigueur sur la protection des données médicales.

Cette analyse fournit une vue d'ensemble claire du projet **OPTO-DZ**, mettant en évidence ses objectifs, sa technologie et les défis auxquels il doit faire face.

II. Contexte du Projet :

Notre plateforme en ligne avec une base de données sécurisée vise à faciliter la gestion des dossiers médicaux des patients pour les professionnels de santé oculaire. L'accès à l'historique du malade sera rendu possible en un clic, avec une assistance technique et des mises à jour régulières. Les dossiers numériques des patients pourront être consultés instantanément et en toute sécurité, sans qu'une visite chez un ophtalmologiste ou un optométriste ne soit nécessaire, grâce à une interface conviviale et un centre d'aide permettant de résoudre les problèmes. Tout cela avec un design très modern et fluide pour une meilleure expérience pour l'utilisateur

Notre plateforme se divise en plusieurs partie :

A. Interface primaire :

L'interface primaire contient des expressions de bienvenue, un bouton d'inscription, des tutoriels pour savoir comment s'inscrire et comment utiliser la plateforme, une boîte de communication pour contacter le centre d'aide.

B. Méthode d'inscription et de connexion :

Elles se font depuis une page qui regroupe les formulaires d'inscription et de la connexion, les professionnels de santé oculaire, doivent créer un compte pour s'inscrire dans notre plateforme juste pour la première fois ; Ils remplissent formulaire d'inscription qui contient : le nom d'utilisateur, le nom, le prénom, la date de naissance, l'email et le mot de passe et la confirmation du mot de passe. Une fois le formulaire est envoyé, ils vont recevoir un mail sur ses boîtes mail qui demande d'envoyer une preuve professionnelle par mail, soit une carte professionnelle ou un agrément. Le staff technique va vérifier la validité des documents envoyé,

et ils vont activer le compte de professionnel et il va recevoir un mail qui confirme l'activation de compte.

Et pour la connexion, il y a un formulaire qui contient juste le nom d'utilisateur et le mot de passe avec un bouton pour rester connecter et un bouton « mot de passe oublié » qui permet à l'utilisateur de changer le mot de passe dans le cas où il a oublié ce dernier via son mail ajouté dans la première fois lors de l'inscription, donc il reçoit un mail qui contient un lien qui va le diriger vers une page où il peut changer son mot de passe, ce formulaire de connexion permet que ce soit pour les professionnels de la santé ou les patients à accéder à leurs espaces.

C. Espace de professionnel de santé :

Une fois le compte est activé, le professionnel peut se connecter avec le nom d'utilisateur et le mot de passe qu'il a mis lors de l'inscription. Il accède à son espace qui contient 5 sections où il peut les accéder depuis une barre de navigation latérale (contient aussi le nom, prénom et la photo de profil du professionnel de la santé) :

Accueil :

Elle contient une petite carte de salutation, une petite liste des patients ajoutés récemment, un graphique de nombre des patients ajouté par semaine (qui permet de faire des statistiques sur le nombre des patients que le docteur a ajoutés), une petite liste des rendez-vous du prochain jour avec la capacité de confirmer ou annuler ce dernier, une liste des fichiers ajoutés récemment (permet de consulter par exemple les photos ajoutés dans la fiche clinique d'un patient)

Profile :

Elle comprend une carte des informations du professionnel de la santé qui va être affichée pour le patient lorsqu'il fait une recherche des professionnels de la santé lors de la prise des rendez-vous, elle contient : la photo de profil, le nom, le prénom, la date de naissance, l'email, le numéro de téléphone et la ville et lieu du travail.

Toutes ces informations peuvent être modifiées par le professionnel de la santé dans une page spéciale qui permet aussi d'ajouter d'autres informations comme la durée et le prix de la consultation, la disponibilité pendant les jours de semaine (permet au patient de savoir les jours de travail et ils aide dans la prise des rendez-vous).

Patient :

Elle inclut une barre de recherche pour ajouter un nouveau à la liste des patients via son code d'accès qui va être créé lors de l'ajout d'un nouveau patient. Il contient un bouton pour ajouter un patient qui va amener le professionnel de la santé vers un formulaire qui contient les informations du patient (nom, prénom, date de naissance), si le patient a un mail le professionnel de la santé peut lui générer automatiquement un compte (un nom d'utilisateur, un mot de passe et un code d'accès (qui permet au professionnel de la santé de chercher ce patient s'il fait d'autres consultation chez d'autre professionnel de la santé inscrit dans notre plateforme)) qui lui permette à accéder à son espace patient dans notre plateforme et s'il oublie son nom d'utilisateur ou son mot de passe il peut le récupérer depuis la page de la connexion via « mot de passe oublié », ce patient va être ajouter à la liste des patients du professionnel de la santé automatiquement, et s'il a pas un mail le professionnel ajoute les informations de ce patient et ce dernier va être ajouté automatiquement dans liste des patients (c'est-à-dire il va être ajouter sans compte) et après ça que ce soit pour les deux cas il va être dirigé directement vers une page d'impression pour imprimer les coordonnées du compte générer avec des instructions à suivre pour que le patient peut se connecter, changer son mot de passe et garder le code d'accès pour le partager prochainement avec un autre professionnel Cette phase de création peut être faite par un réceptionniste ou un infirmier pour que le docteur ou l'optométriste accède directement à la phase de la fiche clinique.

Une fois le patient est enregistré, le professionnel de santé peut accéder à la phase de **la fiche clinique**. La fiche est bien détaillée et contient :

(À chaque pathologie ou examen coché un champ de description va être affiché)

- Une partie des pathologies (kératocône avec ses stades, diabète, hypertension, glaucome avec ses types, cataracte avec ses types, uvéite avec ses types, congénitivite avec ses types, sclérose avec ses types).
- Une autre partie pour les examens ophtalmologiques : V3M, tonométrie, F.O, C.E, S/CJ-RB, V.I, ablation de fil, Eco A, Eco B, skiascopie, laser Argon, laser YAG, angio, lentille thérapeutique, Bouchon lacrymale, test de couleur, test de qualité des larmes.
- Une troisième partie pour les examens optométriques : Acuité visuelle brute, Acuité visuelle après correction, Acuité visuelle sous cycloplégie, amplitude d'accommodation, flexibilité d'accommodation, réponse accommodative (MEM, FCC), test d'évaluation des muscles oculomoteurs, cover test (de près, de loin),

hétérophorie, hétérotropie, vergence (amplitude, réserve, souplesse), test de Maddox (phorie horizontale, phorie verticale), test de Worth, Kératométrie, stéréoscopie (TNO, titmus...).

- Une partie pour télécharger les images et les documents nécessaires comme : la topographie, OCT, lampe à fente et autre document si nécessaire.
- Un lien est aussi inclus pour calculer la puissance de l'implant intraoculaire.
- Une partie pour choisir le type de lentille de contact : lentille souple (sphérique, torique), lentille rigide (sphérique, torique face antérieure, torique face postérieure, bi-torique), lentille sclérale.
- Une partie pour la prescription d'ordonnance : qui se devise en trois :
 - Un tableau pour lunette.
 - Un tableau pour lentille de contact.
 - Un champ pour les médicaments (les médicaments sont enregistrés dans le système, il suffit juste de taper une ou deux lettres et il va vous proposer la suite des noms, le dosage et le nombre d'utilisation par jours se remplit manuellement dans des champs spéciaux).
- Un calendrier pour ajouter le prochain rendez-vous.

Et pour la liste des patients, elle affiche : le nom, le prénom, la date de naissance, les pathologies et le prochain rendez-vous de chaque patient et des boutons pour : ajouter un nouveau dossier, consulter l'historique de patient, consulter le profil de patient, supprimer le patient de la liste et un bouton de création d'un compte qui apparaît juste pour les patients qui n'ont pas de compte (donc le professionnel de la santé lui génère un compte) , une barre de recherche des patients selon le nom ou le prénom et des filtres pour savoir les patients ajouter récréments ou les patients qu'ont des pathologies avec un compteur de nombre total des patients ajoutés.

Rendez-vous :

Elle intègre la liste des rendez-vous soit ajouter par le professionnel de la santé via la fiche clinique ou bien les demandes des rendez-vous envoyés par les patients, elle contient des filtres pour voir les rendez-vous du jour même, de la toute la semaine ou de tout le mois, avec des boutons pour confirmer, annuler ou supprimer le rendez-vous pour chaque patient et compteur pour le nombre total des rendez. Si le rendez-vous est validé, le patient va recevoir un mail de validation.

Message :

Elle contient une liste des conversations des personnes (d'autres professionnels de santé ou patients) auxquelles le professionnel de la santé en a parlé. Et en accédant à chaque conversation on trouve un espace de discussion qui contient le champ d'écriture du message avec la possibilité d'envoyer des photos et des fichiers tout en sécurité, et même il peut voir le statu du compte de la personne qu'il parle avec (en ligne ou hors ligne) et si la personne a vue le message ou pas

Dans chaque section il y a un entête qui contient le nom de notre plateforme *OPTO-DZ* et un avatar (photo de profil) une icône pour les notifications des messages non lus et des demandes des rendez-vous envoyé par le patient, et une autre icône pour les paramètres qui contient les paramètres du compte (permet de changer le mot de passe et les paramètres des notifications et le statut du compte), le mode d'affichage, l'aide et un bouton pour se déconnecter.

D. Espace de patient :

Après que le docteur crée le compte du patient, ce dernier peut se connecter immédiatement à notre plateforme avec le nom d'utilisateur et le mot de passe que le consultant lui donne dans une fiche imprimée et il accède à son espace patient qui contient 5 sections où il peut les accédées depuis une barre de navigation latérale (contient aussi son nom, prénom et sa photo de profil) :

Accueil :

Elle contient une expression de bienvenue avec le nom et le prénom de patient, le nombre des dossiers médicaux, la liste des médecins que la patient a visité, le statut des rendez-vous.

Profile :

Elle comprend une carte des informations du patient : la photo de profil, le nom, le prénom, la date et le lieu de naissance, la profession, l'email et le numéro de téléphone d'où aussi il peut les modifier.

Dossiers médicaux :

Elle contient tous les dossiers médicaux du patient avec le nom du docteur responsable (qui à créer le dossier médical) et la date d'ajout de chaque dossier. Le patient ne peut ni modifier ni supprimer les dossiers.

Rendez-vous :

Le système affiche la liste des prochains et des demandes des rendez-vous du patient. Le patient peut prendre un nouveau rendez-vous en cliquant sur le bouton « Prendre un rendez-vous ». Il accède alors à un moteur de recherche lui permettant de trouver un professionnel de santé en fonction de plusieurs critères : nom et prénom du professionnel de la santé, la ville, type du lieu du travail (hôpital, clinique, cabinet privé) et la spécialité (ophtalmologue ou optométriste) ; et après il clique sur rechercher, une liste des cartes qui contient les informations des professionnels avec un bouton prendre un rendez-vous s'affiche.

Une fois le patient sélectionne le professionnel de la santé, une fenêtre s'ouvre qui contient un calendrier d'où il choisit la date du rendez qu'il veut, en choisissant la date une liste des créneaux disponibles s'affiche et ces derniers sont préalablement définis par le professionnel de la santé (jours, horaires, et durée des consultations). Le patient sélectionne un créneau horaire et il précise l'objet de la consultation, puis il envoie sa demande.

La demande apparaît ensuite automatiquement dans la liste des rendez-vous, accompagnée d'un badge indiquant son statut : « En attente », « Confirmé » ou « Annulé ».

Message :

Elle contient une liste des conversations des personnes (les professionnels de la santé) auxquelles le patient en a parlé. Et en accédant à chaque conversation on trouve un espace de discussion qui contient le champ d'écriture du message avec la possibilité d'envoyer des photos et des fichiers tout en sécurité, et même il peut voir le statu du compte de la personne qu'il parle avec (en ligne ou hors ligne) et si la personne a vu le message ou pas

Dans chaque section il y a un entête qui contient le nom de notre plateforme *OPTO-DZ* et un avatar (photo de profil) une icône pour les notifications des messages non lus et la confirmation des demandes des rendez-vous envoyé, et une autre icone pour les paramètres qui contient les paramètres du compte (permet de changer le mot de passe et les paramètres des notifications et le statut du compte), le mode d'affichage, l'aide et un bouton pour se déconnecter.

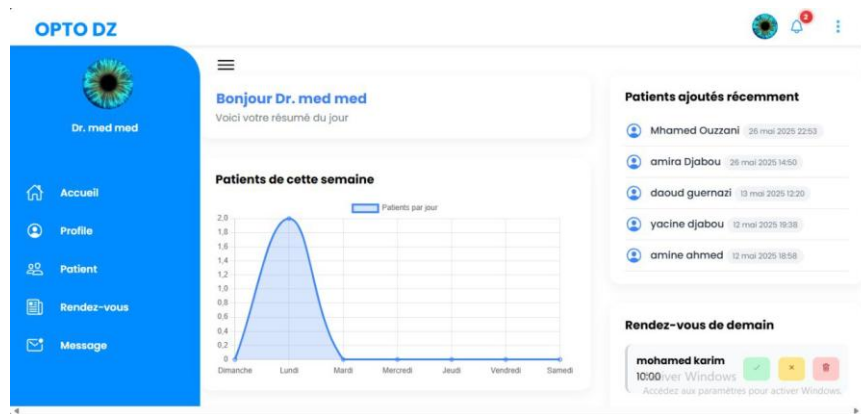


Figure 19: Profile du professionnel de santé

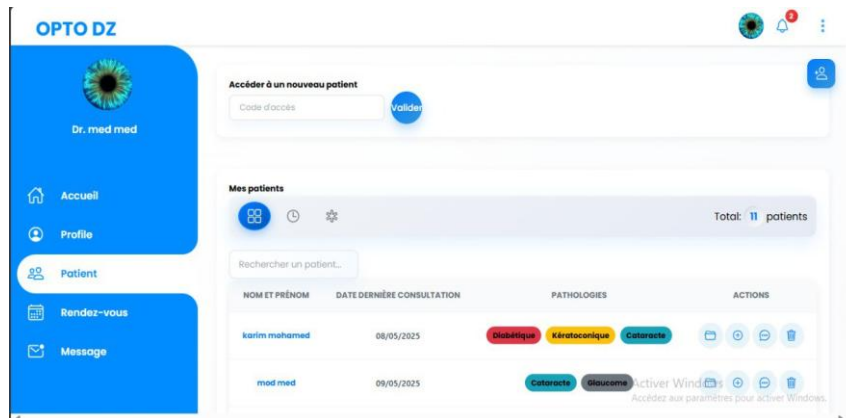


Figure 20: la liste des patients

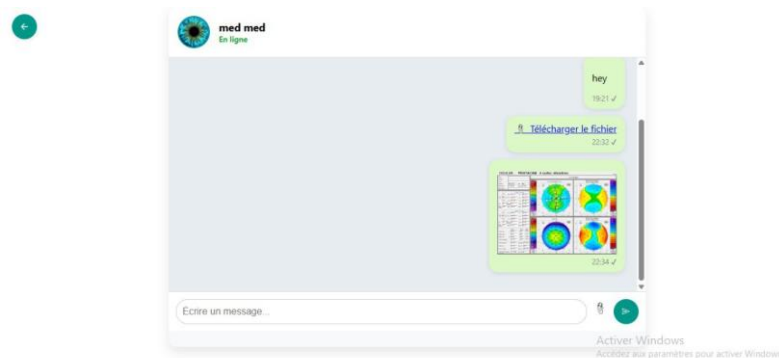


Figure 21: Messagerie

Figure 22: Fiche clinique

Figure 23: Rendez-vous du patient

Figure 24: Recherche des professionnels de santé

III. Pourquoi *OPTO-DZ* ?

OPTO-DZ est une plateforme spécialisée approfondie dans l'ophtalmologie et l'optométrie créée par des jeunes spécialistes du domaine de la santé oculaire encadrés par des professionnels de ce domaine et par des experts dans l'informatique. Nous offrons un tableau de bord très facile à manipuler, super interactif et très spécialisé et détaillé qui guide l'ophtalmologue ou l'optométriste pour une consultation complète et parfaite. Une des fonctionnalités clés de notre

plateforme **OPTO-DZ** est l'espace patient qui permet aux patients à accéder à leurs dossiers médicaux à n'importe quelle place et n'importe quel temps. En plus de système de prise de rendez-vous que notre plateforme mettre à disposition, nos partenaires vont avoir une ligne sécurisée pour communiquer entre eux et pour partager les données médicales nécessaires.

IV. Objectif du Site:

- Digitaliser et centraliser la gestion des dossiers médicaux dans la santé oculaire en Algérie.
- Soutenir les autorités sanitaires dans l'accès aux données épidémiologiques nationales, en vue de mettre en place des actions ciblées de prévention et de lutte contre certaines maladies.
- Accompagner le professionnel pour une consultation complète et parfaite.
- Améliorer l'accès sécurisé aux informations médicales.
- Optimiser la collaboration entre les professionnels de santé.
- Réduire les erreurs administratives et améliorer la traçabilité.
- Faciliter le suivi de l'historique patients.
- Permet d'épargner aux patients la contrainte de se rendre chez le médecin pour récupérer leurs dossiers médicaux.
- Faciliter la communication entre les professionnels de santé et ses patients, et entre les professionnels de santé eux même.
- Contribuer à l'évolution de la recherche scientifique de notre pays.

V. Technologies Envisages:

A. Backend : Python (version 3.8+) et Django

Python

Python est un langage de programmation de haut niveau, open-source, créé dans les années 1980 par Guido van Rossum. Il est connu pour sa simplicité, sa flexibilité et sa facilité d'utilisation, ce qui en fait un choix populaire pour divers domaines tels que le développement web, l'analyse de données, l'intelligence artificielle, et bien plus encore. Python est utilisé dans de nombreux contextes, allant des scripts simples aux applications complexes.[84]

Django

Django est un framework web Python open-source, conçu pour faciliter le développement rapide et sécurisé d'applications web complexes. Créé par Adrian Holovaty et Simon Willison, Django a été publié en 2005 sous licence BSD. Il est souvent décrit comme "le framework web

pour les perfectionnistes sous pression" en raison de sa capacité à gérer efficacement les projets sous contraintes de temps.

Il utilise une architecture Model-View-Template (MVT) pour séparer la logique métier, la présentation et le traitement des requêtes. Il inclut de nombreuses fonctionnalités intégrées, telles que la gestion des bases de données via un ORM (Object-Relational Mapping), des outils d'authentification, et des fonctionnalités de caching, ce qui permet aux développeurs de se concentrer sur la logique métier de leur application plutôt que sur les détails techniques[85].

Fonctionnement de Django

Django fonctionne en traitant les requêtes HTTP via ses vues, qui interagissent avec les modèles pour accéder aux données. Les modèles sont des classes Python qui représentent les tables de base de données, permettant ainsi une interaction fluide avec la base de données sans avoir à écrire du SQL manuellement. Les templates sont utilisés pour afficher les données au client.[85]

Avantages de Django:[85]

1. L'approche "Batteries Incluses".
2. La sécurité intégrée.
3. La rapidité et productivité.
4. L'évolutivité.
5. La communauté active et documentation.
6. La flexibilité.

Comparaison avec d'autres frameworks

- **Flask** : Flask est plus léger et flexible, idéal pour les petits projets ou prototypes. En revanche, Django est mieux adapté aux projets complexes nécessitant une structure robuste et des fonctionnalités intégrées[86]
- **React** : Contrairement à Django qui est un framework full-stack, React est une bibliothèque front-end centrée sur les composants. Django offre une prise en charge complète du backend avec une gestion simplifiée des bases de données et une sécurité intégrée[87]

Ces avantages font de Django un choix privilégié pour créer facilement et rapidement des applications web robustes et sécurisées.

B. Frontend :

HTML5, CSS3, JavaScript

C. Structure:

Architecture modulaire avec :

Core/ : configuration principale et page d'index.

Docteur/ : gestion des docteurs et ses tableaux de bord

Patient/ : fonctionnalités liées aux dossiers

Projet/ : configuration de projet

Static/ : ressources statiques

Users/ : gestion des inscriptions et des connexions

Templates/ : templates HTML

Messaging/ : gestion des conversations

Media/ : enregistrement des fichiers et des images

Records/ : gestion des dossiers médicaux et fiche clinique

VI. Sécurité

Voici une liste détaillée des mesures de sécurité mises en place dans le projet OPTO DZ :

Authentification et Autorisation :

- Système d'authentification Django robuste.
- Gestion des rôles utilisateurs (professionnel, patient, chercheur).
- Interface d'administration sécurisée avec Django Admin.
- Validation des termes et conditions avant connexion.

Sécurité Django :[87]

- Middleware de sécurité (Security Middleware).
- Protection CSRF (Csrf View Middleware).
- Protection contre le clickjacking (XFrame Options Middleware).
- Gestion des sessions sécurisée (Session Middleware).

Gestion des Utilisateurs :[85]

- Profils utilisateurs distincts avec permissions.
- Système de gestion des utilisateurs.
- Interface d'administration sécurisée.
- Gestion des mots de passe sécurisée.

Sécurité des Données :[85]

- Chiffrement des mots de passe.
- Gestion sécurisée des dossiers médicaux.
- Contrôle d'accès basé sur les rôles.
- Protection des données sensible.

Sécurité Web :[85]

- Protection contre les attaques CSRF.
- Protection contre les injections XSS.
- Validation des formulaires côté serveur.
- Gestion sécurisée des sessions.

Sécurité des Fichiers :[85]

- Gestion sécurisée des fichiers médicaux.
- Protection contre les accès non autorisés.
- Validation des types de fichiers autorisés.
- Ces mesures de sécurité sont essentielles pour protéger les données médicales sensibles et garantir la confidentialité des informations des patients.

Test de la plateforme et mise en valeur :

I. Test de performance :

Nous avons testé notre application via une étude prospective sur la pachymétrie cornéenne. Au sein de la clinique d'ophtalmologie de Pr. CHIALI (Clinique de la vision, CASTOR, ORAN, ALGERIE), nous avons fait une consultation sur place pour 23 patients [anamnèse, auto-réfraction, topographie d'élévation (pachymétrie)] et nous avons les intégrer dans la base de données numérisée de notre site web afin de tester le bon déroulement de notre site et de comparer la collecte de données avec la méthode traditionnelle (dossiers imprimés sur

papier) avec la nouvelle méthode que nous avons créée **OPTO-DZ** (dossiers numériques) et d'improuver notre étude statistique sur l'ECC au sein de la population algérienne.

Nous avons mené une étude prospective sur plus de **20** cas, dont nous avons fait l'anamnèse sur place, et nous avons pris la réfraction objective par l'autokératométroréfractomètre HUVITZ et la topographie d'élévation par le topographe PENTACAM des deux yeux de chaque patient, en recueillant également des informations sur l'âge, le sexe et l'origine de patient, les antécédents médicaux, ainsi que la wilaya de résidence.

II. Résultat

Durant notre étude, nous avons observé une large différence entre la collecte de données avec la méthode traditionnelle et avec notre plateforme **OPTO-DZ**. En effet, pendant la collection de données imprimées sur papier nous avons rencontré plusieurs problèmes très sérieux. Les dossiers médicaux peuvent facilement se détériorer avec le temps ou à la suite d'événements tels que l'humidité, les incendies ou une manipulation incorrecte. Par ailleurs, il arrive fréquemment que les dossiers cliniques ou des parties des dossiers soient perdus ou mal organisés du coup nous avons trouvé plusieurs dossiers incomplets dans notre cas. Le temps de collecte est aussi considérablement étendu, car il est nécessaire de faire les recherches à la main, dossier après dossier. La nécessité de stocker ces documents requiert un volume d'espace physique considérable, générant ainsi des contraintes financières et logistiques significatives pour les établissements de santé. En définitive, il s'avère souvent très complexe de partager les dossiers entre différents hôpitaux ou régions. Cela entrave la continuité des soins et la collaboration interprofessionnelle.

Cependant, la technique contemporaine de collecte de données à travers des dossiers médicaux digitalisés **OPTO-DZ** présente plusieurs bénéfices qui s'adaptent aux besoins actuels du système de santé. Cette fonctionnalité offre aux professionnels de santé habilités un accès instantané et à distance aux dossiers à tout moment, simplifiant ainsi considérablement la coordination des soins. L'accès à l'information s'effectue en temps réel grâce à des critères de sélection tels que le nom, la date, le diagnostic ou tout autre paramètre pertinent. Cette approche minimise largement les erreurs en utilisant une saisie normalisée, des champs requis et des notifications automatiques lors d'une irrégularité. En matière de sécurité, les données sont protégées par un système de cryptage, avec des accès contrôlés et une traçabilité complète des consultations. L'analyse statistique est également facilitée, les données pouvant être exportées directement pour des études épidémiologiques ou le suivi de

cohortes de patients. Les sauvegardes automatiques assurent la pérennité des informations, même en cas d'incident technique. En plus de libérer un espace physique considérable, la numérisation permet aux professionnels de gagner un temps précieux qu'ils peuvent consacrer au soin plutôt qu'à la gestion administrative. Enfin, cette approche favorise l'interopérabilité, rendant possible le partage sécurisé des dossiers médicaux entre différents établissements de santé, qu'ils soient régionaux ou nationaux.

III. Discussion

Les résultats que nous avons obtenus illustrent clairement une distinction marquée entre les méthodes classiques de collecte de données sur papier et l'alternative numérique suggérée par la plateforme en ligne **OPTO-DZ**. Les contraintes auxquelles on est confronté avec les dossiers papier confirment les enjeux largement décrits dans les publications, en particulier concernant la durabilité, l'accessibilité et l'organisations des informations cliniques.[88]

D'une part, les supports papier sont vulnérables à divers facteurs de détérioration tels que l'humidité, les incendies ou une mauvaise manipulation. Ce constat met en lumière la fragilité des systèmes traditionnels face aux aléas environnementaux et humains, compromettant la conservation des informations médicales sur le long terme. De plus, la perte ou la mauvaise organisation des dossiers représente un obstacle majeur à la qualité des soins, car elle engendre des erreurs potentielles et retarde les prises de décision cliniques.

D'autre part, les limites logistiques du stockage physique s'accompagnent de coûts non négligeables pour les établissements de santé, que ce soit en termes d'espace, de matériel ou de main-d'œuvre. À cela s'ajoute le caractère fastidieux de la recherche manuelle des informations, qui ralentit considérablement le processus de soins et nuit à l'efficacité des praticiens.

Enfin, l'un des problèmes les plus critiques soulevés est l'incapacité à assurer une communication fluide entre les différents établissements. Dans un contexte où la coordination interprofessionnelle est essentielle à la continuité des soins, cette difficulté de partage limite grandement la capacité à offrir un suivi cohérent aux patients, en particulier dans les zones éloignées.

En comparaison, la solution numérique **OPTO-DZ** se présente comme une réponse moderne et appropriée à ces défis. Elle offre une centralisation sécurisée des informations, un accès rapide, un échange immédiat entre professionnels et une diminution significative des

frais logistiques. Ces conclusions sous-tendent donc le besoin de basculer vers des systèmes numériques de gestion des données dans le secteur de la santé visuelle en Algérie, d'une part pour remonter la qualité des services et d'autre part pour consolider les aptitudes en recherche épidémiologique.

IV. Conclusion :

L'analyse comparative entre la méthode traditionnelle de recueil de données sur papier et l'exploitation de notre plateforme digitale **OPTO-DZ** révèle les multiples bénéfices du passage au numérique dans le secteur de la santé visuelle. Les problèmes de préservation, d'arrangement, d'accès et de partage des dossiers papier sont un obstacle considérable à l'efficacité du suivi médical et à la qualité des soins dans notre pays.

Toutefois, la solution suggérée par **OPTO-DZ** apporte une réponse tangible à ces contraintes en garantissant une administration sécurisée, rapide et collaborative des informations cliniques. Cette transition vers le numérique s'inscrit comme une étape essentielle pour moderniser le système de santé en Algérie, améliorer la continuité des soins, et faciliter la mise en œuvre de politiques de santé publique fondées sur des données fiables.

Etude technico- économique

I. Premier axe : Présentation de projet :

A. Idée :

OPTO-DZ est une plateforme en ligne très spécialisée avec une base de données sécurisée vise à faciliter la gestion des dossiers médicaux des patients pour les professionnels de santé oculaire. L'accès à l'historique du malade sera rendu possible en un clic, avec une assistance technique et des mises à jour régulières. Les dossiers numériques des patients pourront être consultés instantanément et en toute sécurité, sans qu'une visite chez un ophtalmologiste ou un optométriste ne soit nécessaire, grâce à une interface conviviale et un centre d'aide permettant de résoudre les problèmes.

B. Valeurs ajoutées :

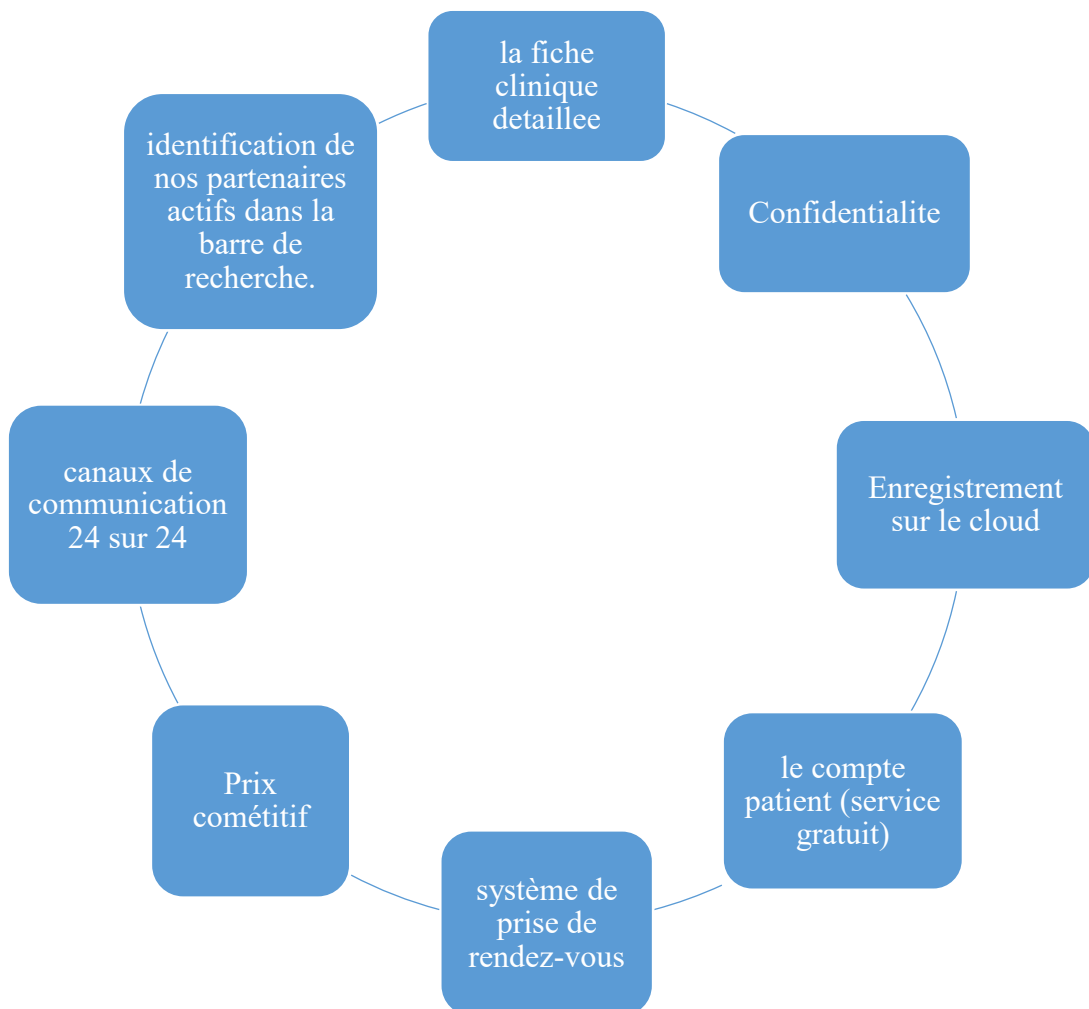


Figure 25: Valeur ajoutée de la plateforme

C. Equipe :

Les étudiants :

- Mr BENDELLA Abdeldjalil Master 2 en optométrie
- Mr MENTFAKH Soufyane Master 2 en optométrie

Les encadrants :

- Dr. GUERNAZI Daoud
- Dr. BEKKAR Azzedine

D. Emplacement physique :

Pour un début nous allons lancer notre projet dans le FAB-LAB de l'institut des sciences et des techniques appliquées université ORAN 1 Ahmed BEN BELLA. Après nous pensons à louer un local de **4* 12 m** qui est largement suffisant pour contenir notre équipement et notre main d'œuvre.

E. Objectifs du projet :

- Digitaliser et centraliser la gestion des dossiers médicaux dans la santé oculaire en Algérie.
- Soutenir les autorités sanitaires dans l'accès aux données épidémiologiques nationales, en vue de mettre en place des actions ciblées de prévention et de lutte contre certaines maladies.
- Améliorer l'accès sécurisé aux informations médicales.
- Accompagner les professionnels de santé oculaire pour une consultation parfaite et complète.
- Optimiser la collaboration entre les professionnels de santé.
- Réduire les erreurs administratives et améliorer la traçabilité.
- Faciliter le suivi de l'historique patients.
- Permet d'épargner aux patients la contrainte de se rendre chez le médecin pour récupérer leurs dossiers médicaux.
- Faciliter la communication entre les professionnels de santé et leurs patients, et entre les professionnels de santé eux même.
- Contribuer à l'évolution de la recherche scientifique de notre pays.

F. Planning de réalisation :

Etude et recherche du projet (2 à 3 mois)

- L'étude du projet concerne plusieurs parties qui ont été primordiales dans nos décisions ; elle a touché l'étude économique et scientifique.
- Identifier nos partenaires.
- Chercher les meilleurs Frameworks et langages de programmation.
- Quantifier la présence de concurrence sur le marché nationale et identifier ses points forts et points faibles.
- Rechercher des hébergeurs fiables et confiants pour héberger notre plateforme.

Réalisation de prototype : (2 mois)

- Fixer le choix de langage
- Apprendre la programmation
- Planifier la base de données et les interfaces
- Test de prototype initiale

Lancement de l'activité : (6 mois)

- Choix de l'équipement
- Installation des logiciels
- Contact avec des informaticiens et des partenaires
- Lancer la réalisation

Finalisation des produits : (2mois)

- Fusion de Frontend et Backend
- Héberger la plateforme
- Tester le service final
- Facturation totale
- Lancement des campagnes publicitaires et des stratégies marketing étudié précédemment

II. Deuxième axe : Aspects innovants

A. Nature des innovations

Innovation de marché

OPTO-DZ est unique en Algérie dans le secteur ophtalmologique. Elle propose une fiche clinique détaillée, un système interactif de prise de rendez-vous, et un compte patient gratuit accessible à l'historique médical.

Innovation technologique

Centralisation numérique des données oculaires, interopérabilité entre professionnels, technologies modernes (Django) et hébergement cloud sécurisé garantissant disponibilité et protection des données.

B. Domaines d'impact

- **Universités** : accès à des données médicales structurées pour la recherche.
- **Professionnels** : base de données sécurisée, traçabilité, communication fluide, prise en charge améliorée.
- **Patients** : accès permanent à leur dossier à distance, réduction des risques liés au papier.
- **Gouvernement** : statistiques fiables pour les politiques de santé.
- **Fournisseurs** : visibilité sur le secteur, engagement avec les professionnels et les jeunes praticiens.

III. Troisième axe : Analyse stratégique du marché

A. Segmentation

Clients : ophtalmologues, optométristes, cliniques et hôpitaux.

Marché cible : lancement à Oran, extension progressive vers Alger, Annaba, Sétif, Constantine, puis déploiement national et régional (Maghreb, Afrique).

B. Concurrence

Les plateformes existantes sont généralistes et technologiquement limitées. OPTO-DZ se démarque sur la spécialisation, l'interface moderne, la fiche clinique intelligente, la prise de RDV digitalisée, la messagerie et le compte patient gratuit.

C. Stratégie marketing

- **Salons spécialisés** : visibilité et partenariats.
- **Prospection terrain** : contacts directs avec les praticiens.
- **Essai gratuit (2–3 mois)** : démontrer la valeur ajoutée.
- **Tutoriels vidéo** : facilitation de la prise en main.

IV. Quatrième axe : Plan de production et organisation

A. Processus

1. **Conception** : étude des besoins, cahier des charges, planning.
2. **Technologie** : choix d'outils modernes, base de données robuste, responsive design.
3. **Développement** : back-end, front-end, modules (fiche clinique, messagerie, RDV).
4. **Tests** : unitaires, fonctionnels, sécurité, bêta réelle.
5. **Hébergement** : sécurisé, scalable, sauvegardes.
6. **Lancement** : campagnes, salons, essai gratuit, tutoriels.
7. **Livraison** : inscription sécurisée avec validation professionnelle (email).

B. Ressources

- **Technologie** : licences, cloud.
- **Humaines** : développeurs, UX/UI, experts médicaux, cybersécurité.
- **Contenu** : données médicales validées, tutoriels, documentations.
- **Partenaires** : universités, cliniques, fournisseurs.

C. Équipe

Effectif initial restreint : directeur, vice-directeur, comptable, développeur, expert cybersécurité, agent validation, commerciaux.

D. Partenaires clés

Fournisseurs d'équipements, société de développement, organisateurs de congrès médicaux.

V. Cinquième axe : Plan financier :

A. Les coûts et les charges :

Les charges fixes

Tableau 13: Organisation et main d'oeuvre

Organisation /Main d' œuvre	Poste	Nombre	Salaire Mensuel (DA/An)	Salaire Brut (DA/An)
	Directeur	1	50000	600000
	Co-directeur	1	50000	600000
	Comptable	1	45000	540000
	Commercial	1	35000	420000
	Technicien de maintenance	1	30000	360000
	Agent de validation	1	30000	360000

ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE

	Total masse salariale	7	240000	2880000
--	----------------------------------	----------	---------------	----------------

Tableau 14: Frais & services divers

Frais & Services divers	Frais & Services divers	Nombre	Montant Mensuel (DA/An)	Montant Annuel (DA/An)
	Abonnement internet	1	2500	30000
	Abonnement electricite	1	6000	72000
	Nettoyage	1	4000	48000
	Licence Logiciel Antivirus	1	500	6000
	Licence Logiciel Développement	1	2700	32400
	Licence Logiciel Design	2	500	12000
	Hébergement Site Web	1	5000	60000
	Hébergement Cloud Computing	1	4000	48000
	Frais de location	1	40000	480000
	Abonnement Cyber Security	1	2000	24000
	Maintenance	2	1500	36000
	Total services	13	68700	848400
	Total charges fixes (DA)			3728400

B. Equipement & investissement

Tableau 15: Equipements

Equipement	Désignation	Valeur unitaire	Quantité	Valeur total DA
	Modem Wifi	4800	1	4800
	Pc bureau	50000	6	300000
	Total		7	304800
	Dotation à l'amortissement1 (Sur 5ans)			60960

Tableau 16: Agencements et installation

Agencement et installation	Désignation	Valeur (DA)
	Travaux divers	200000
	Ameublement	
	Bureau	60000
	Chaises	30000
	Téléphone	5000
	Total	295000
	Dotation aux investissements (Sur 10ans)	29500

C. Marketing

Tableau 17: Marketing pour le premier an

	Mois												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Budget mensuel (x1000 DA)	30	10	30	100	10	30	20	20	20	100	20	20	410

D. Chiffre d'affaires

Tableau 18: Chiffre d'affaires pour le premier an

Biens / Services			Mois												Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Produit/service1	Unités vendues	Q1	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	780
	Prix de vente (x1000 DA)	P1	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	10.000	///
	Chiffre d'affaires (x1000 DA)	CA1	100.00	200.00	300.00	400.00	500.00	600.00	700.00	800.00	900.00	1000.00	1100.00	1200.00	

E. Bilan Final

Tableau 19: Bilan final du projet

	Formule	Montant (DA)
Cout unitaire initial (DA)		0.00
Charges fixes unitaire (DA)		4780.00
Dotation à l'amortissement unitaire (Sur 5 ans)		78.15
Dotation aux investissements unitaire (Sur 10 ans)		37.82
Cout Unitaire final (DA)	A+B+C+D	4895.98
Capacite de production (unités/an)		780
Budget Marketing (DA/an)		410000.00
Cout du projet annuel (DA)	(E*F)+G	4228861.25
Chiffre d'affaires annuel (DA)		7800000.00
Bénéfice annuel (DA)	I-H	3571138.75
Marge bénéficiaire (%)	J*100/I	45.78 %

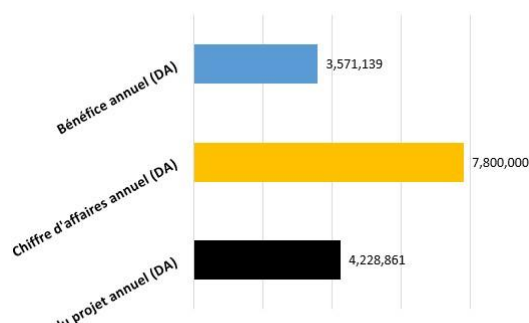


Figure 26: Bilan final

Business Model Canvas

Conçu pour:

Noms & Prénoms des étudiants : BENDELLA ABDELDJALIL & MENTFAKH SOUFYANE

Date:

22/05/2025

Version:

1

Partenaires clés

- Fournisseurs des équipements
- Société de développement
- Expert de cybersécurité
- Organisateur des congrès et des salons médicaux

Activités Clés

- Marketing
- Gestionner et centraliser les données
- Offrir un compte patient gratuit
- Digitalisation des dossiers médicaux
- Maintenance et aide

Ressources clés

- Equipement informatique
- Main d'œuvre compétant
- Etude de marché
- Etude de faisabilité

Propositions de valeur

- La spécialisation de la fiche clinique
- La sécurité
- L'historisation organisée
- le compte patient (service gratuit)
- Système de prise de rendez-vous
- Prix compétitif
- Canaux de communication 24 sur 24
- Identification de nos partenaires actifs dans la barre de recherche.

Relation Client

- Marketing
- Congrès / Salons
- Siteweb (vidéo tutoriel)
- Annonce publicitaire

Canaux

- Service en ligne

Clients

- Ophtalmologue
- Clinique d'ophtalmologie
- Hôpitaux publics
- Optométriste
- Orthoptiste
- Fabricant et fournisseur de matériaux médicaux et produits d'entretien.
- Gouvernement
- Institution universitaire

Coûts

- Recherche et développement
- Marketing
- Les équipements
- Les charges fixes
- La main d'oeuvre
- Total : **4228861.25 DA**

Revenus

- Abonnement des partenaires
- Contrats des bases de données avec le gouvernement
- Publicités sur la plateforme

Incubateur de l'Université Oran 1 – Ahmed Ben Bella

Conclusion générale :

L'étude menée dans le cadre de ce mémoire de Master s'est articulée autour de deux axes complémentaires : d'une part, l'analyse clinique de la pachymétrie cornéenne dans une population algérienne, et d'autre part, la conception et le développement d'une plateforme numérique dédiée à la gestion des dossiers médicaux en ophtalmologie et en optométrie.

Sur le plan clinique, l'étude de la pachymétrie cornéenne a permis de recueillir des données précieuses sur l'épaisseur centrale de la cornée chez un échantillon représentatif de la population locale. Ces données constituent une référence importante pour les professionnels de la santé visuelle, notamment dans le diagnostic et le suivi de pathologies oculaires telles que le glaucome, le kératocône ou encore dans l'évaluation préopératoire de la chirurgie réfractive. L'identification des variations d'épaisseur cornéenne selon le sexe, l'âge ou d'autres facteurs physiologiques met en évidence la nécessité d'adapter les normes de référence aux spécificités de chaque population. En ce sens, cette étude contribue à enrichir les bases de données épidémiologiques de notre pays dans la santé oculaire plus précisément.

Sur le plan technologique, la mise en place de la plateforme **OPTO-DZ** créée par des spécialistes du domaine de l'optométrie représente une innovation majeure dans la gestion des dossiers médicaux dans la santé oculaire. Cette plateforme a été pensée pour répondre aux besoins des professionnels de santé (ophtalmologistes, optométristes, orthoptistes), tout en garantissant aux patients un accès sécurisé et simplifié à leurs données. En centralisant les informations médicales, **OPTO-DZ** facilite non seulement le suivi longitudinal des patients, mais également la coordination entre les différents intervenants de la chaîne de soins. De plus, elle ouvre de nouvelles perspectives pour la recherche scientifique, en permettant la collecte et l'analyse de données à grande échelle, utiles pour des études épidémiologiques, l'évaluation de l'efficacité des traitements ou encore l'identification de tendances sanitaires.

Ainsi, cette étude met en lumière l'importance d'intégrer les outils numériques dans la pratique optométrique moderne. L'association entre l'approche clinique rigoureuse et les solutions technologiques innovantes constitue une voie prometteuse pour améliorer la qualité des soins visuels en Algérie. À terme, des plateformes comme **OPTO-DZ** pourraient être étendues à l'échelle nationale, voire intégrées dans les politiques de santé publique pour renforcer le système de surveillance et de prévention des maladies oculaires.

Nous avons également lancé une étude technico-économique de notre projet, au cours de laquelle nous avons analysé le marché algérien ainsi que la concurrence. Il en ressort que le marché national constitue un terrain favorable au lancement de notre initiative. Notre valeur ajoutée réside dans la gratuité du compte patient, la richesse des fiches cliniques proposées, le prix symbolique ainsi que dans la garantie de confidentialité et d'authenticité des données de nos utilisateurs. Nous avons par ailleurs identifié nos partenaires clés ainsi que notre clientèle cible.

En conclusion, ce travail de recherche marque une étape importante dans l'évolution de l'optométrie algérienne. Il démontre que l'alliance entre les connaissances scientifiques, la pratique clinique et les technologies de l'information peut générer des solutions concrètes et durables au service de la santé visuelle de la population.

Perspective :

Cette étude sur la pachymétrie menée au sein d'une population algérienne représente une contribution significative à la connaissance des caractéristiques biométriques de la cornée dans un contexte local encore peu documenté. Les résultats obtenus mettent en évidence des variations spécifiques liées à l'âge, au sexe et potentiellement à d'autres facteurs environnementaux ou génétiques, ce qui souligne la nécessité d'établir des référentiels cliniques adaptés à notre population. Une meilleure compréhension de ces données permettra non seulement d'améliorer le diagnostic et le suivi des pathologies oculaires telles que le glaucome, mais également de renforcer la pertinence des décisions thérapeutiques en pratique quotidienne.

Parallèlement le développement de la plateforme numérique **OPTO-DZ**, conçue pour centraliser, sécuriser et analyser les dossiers médicaux liés à la santé oculaire, ouvre des perspectives prometteuses sur le plan clinique, scientifique et organisationnel. A court terme, la plateforme permettra aux professionnels de la vision (optométristes, ophtalmologistes, orthoptistes) de disposer d'un outil de suivi standardisé, accessible et collaboratif, facilitant l'échange d'informations et le travail en réseau. Du côté des patients, elle offrira un accès direct et sécurisé à leur dossier médical, favorisant une meilleure implication dans leur parcours de soins. L'équipe **OPTO-DZ** est prête aussi de collaborer avec les universités et les instituts du domaine de la santé visuelle pour surhausser la recherche scientifique.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVE

A moyen et long terme, ***OPTO-DZ*** pourra entamer des autres spécialités de la santé et évoluer vers une base de données nationale utile pour les études épidémiologiques, la recherche clinique et la formulation de politiques de santé publique adaptées aux besoins réels de la population algérienne. L'intégration d'outils d'intelligence artificielle ou d'algorithmes d'aide à la décision pourrait également être envisagé afin de renforcer le dépistage précoce et la prévention des pathologies oculaires. De plus, en collaboration avec des institutions sanitaires et les centres de formation, la plateforme pourrait servir de support pédagogique et de levier pour la digitalisation du système de santé visuelle en Algérie.

En somme, les perspectives ouvertes par cette étude, tant sur le plan scientifique que technologique, constituent une base solide pour des projets futurs ambitieux, visant à améliorer durablement la prise en charge ophtalmologique dans notre pays.

Bibliographie

- [1] R. Bonita, R. Beaglehole, T. Kjellström, et World Health Organization, « Éléments d'épidémiologie », 2010, Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://iris.who.int/handle/10665/44055>
- [2] « Environnement et santé publique : Fondements et pratiques ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://side.developpement-durable.gouv.fr/Default/doc/SYRACUSE/176840/environnement-et-sante-publique-fondements-et-pratiques>
- [3] M. Alfredo et V. Birkhauser, *A History of Epidimologic Methods and Concepts*. 2004.
- [4] G. Kayali, « The forgotten history of pre-modern epidemiology: contribution of Ibn An-Nafis in the Islamic golden era », *East. Mediterr. Health J.*, vol. 23, n° 12, p. 854-857, déc. 2017, doi: 10.26719/2017.23.12.854.
- [5] A. Kapoor, « Biostatistics and epidemiology lecture series, part 1 », *Cleve. Clin. J. Med.*, vol. 84, n° 9 suppl 2, p. e1-e1, sept. 2017, doi: 10.3949/ccjm.84.s2.01.
- [6] S. Munnangi et S. W. Boktor, « Epidemiology Of Study Design », in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470342/>
- [7] P. L. Abdelhak, « EPIDEMIOLOGIE DESCRIPTIVE ».
- [8] « Epidémiologie-analytique-Dr-S.Amarouche.pdf ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://facmed.univ-constantine3.dz/wp-content/uploads/2022/04/Epid%C3%A9miologie-analytique-Dr-S.Amarouche.pdf>
- [9] « Environnement et santé publique: Fondements et pratiques », École de santé publique - Université de Montréal. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://espum.umontreal.ca/lespum/departement-de-sante-environnementale-et-sante-au-travail/la-recherche-au-dsest/production-scientifique/environnement-et-sante-publique-fondements-et-pratiques/>
- [10] *Mesures statistiques en épidémiologie*. Presses de l'Université du Québec, 1987. doi: 10.1353/book.16204.
- [11] D. Braunstein, « Biais et niveaux de preuve en Pharmaco-épidémiologie ».
- [12] A. Lakehal, « Epidémiologie expérimentale ».
- [13] D. S. Amarouche, « UNIVERSITE SALAH BOUBNIDAR CONSTANTINE 3 FACULTE DE MEDECINE DE CONSTANTINE DEPARTEMENT DE MEDECINE ANNEE UNIVERSITAIRE : 2020-202 ».
- [14] « Biais et facteurs de confusion en épidémiologie des risques professionnels - EM consulte ». Consulté le: 11 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/12100/biais-et-facteurs-de-confusion-en-epidemiologie-de>
- [15] « Cours d'épidémio #1 - Urgence CHU Sainte », studylibfr.com. Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://studylibfr.com/doc/1406159/cours-d-epidémio->
- [16] G. Murthy et G. Johnson, « Prevalence, incidence and distribution of visual impairment », in *The Epidemiology of Eye Disease*, IMPERIAL COLLEGE PRESS, 2011, p. 3-61. doi: 10.1142/9781848166271_0001.
- [17] N. Voide et P.-F. Kaeser, « Épidémie de myopie en pédiatrie : prise en charge, prévention et traitement », *Rev. Médicale Suisse*, vol. 19, n° 855, p. 2407-2411, 2023, doi: 10.53738/REVMED.2023.19.855.2407.
- [18] I. Sounouvou, S. Tchabi, C. Doutetien, F. Sonon, L. Yehouessi, et S. K. Bassabi, « Amétropies en milieu scolaire primaire à Cotonou (Bénin) », *J. Fr. Ophthalmol.*, vol. 31, n° 8, p. 771-775, oct. 2008, doi: 10.1016/S0181-5512(08)74395-X.

- [19] J. P, « Myopie chez l'enfant : quels bénéfices des verres de freination ? », Santé sur le Net, l'information médicale au cœur de votre santé. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.sante-sur-le-net.com/evolution-myopie-chez-enfant-quels-benefices-verres-freination/>
- [20] J. Woods *et al.*, « Ocular health of children wearing daily disposable contact lenses over a 6-year period », *Contact Lens Anterior Eye J. Br. Contact Lens Assoc.*, vol. 44, n° 4, p. 101391, août 2021, doi: 10.1016/j.clae.2020.11.011.
- [21] Y.-C. Tham, X. Li, T. Y. Wong, H. A. Quigley, T. Aung, et C.-Y. Cheng, « Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis », *Ophthalmology*, vol. 121, n° 11, p. 2081-2090, nov. 2014, doi: 10.1016/j.optha.2014.05.013.
- [22] « guide_collaboration_ooq-cmq_1.pdf ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.ooq.org/sites/default/files/2019-01/guide_collaboration_ooq-cmq_1.pdf
- [23] « cdo260-clinique-c-creuzot-garcher.pdf ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cahiers-ophtalmologie.fr/img/d48/cdo260-clinique-c-creuzot-garcher.pdf>
- [24] F. Mimari, « La prise en charge de l'œdème maculaire diabétique: physiopathologie, thérapies et conseils ».
- [25] Kouamé et al, « Les anomalies congénitales oculaires au Centre Hospitalier Universitaire de Yopougon », 39:123.
- [26] « How Much Data Do We Create Every Day? The Mind-Blowing Stats Everyone Should Read | Bernard Marr ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://bernardmarr.com/how-much-data-do-we-create-every-day-the-mind-blowing-stats-everyone-should-read/>
- [27] A. BOUAMRA, Z. Boukara, et A. ELKEBOUB, *L'épidémiologie sur initiation au logiciel SPSS Tome 1: La recherche sur le logiciel SPSS*. Saarbrücken: Éditions universitaires européennes, 2020.
- [28] « Analyse statistique des données en médecine et dans les sciences de la vie. Méthode pratique basée sur des exemples traités avec XLSTAT Méthode pratique basée sur des exemples traités avec XLSTAT - broché - Jean-Louis Golmard - Achat Livre | fnac ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.fnac.com/a4162939/Jean-Louis-Golmard-Analyse-statistique-des-donnees-en-medecine-et-dans-les-sciences-de-la-vie-Methode-pratique-basee-sur-des-exemples-traites-avec-XLSTAT>
- [29] « 271_9782760518025.pdf ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://extranet.puq.ca/media/produits/documents/271_9782760518025.pdf
- [30] Yhello, « Biostatistique et analyse informatique des données de santé avec R », ISTE Group. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.istegroup.com/fr/produit/biostatistique-et-analyse-informatique-des-donnees-de-sante-avec-r/>
- [31] « 2-004-419-5.pdf ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://di.univ-blida.dz/xmlui/bitstream/handle/123456789/16384/2-004-419-5.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [32] T. Narjisse, « ETUDE DE LA DISTRIBUTION DE L'ÉPAISSEUR CORNÉENNE CENTRALE PAR TOMOGRAPHIE EN COHERENCE OPTIQUE DU SEGMENT ANTERIEUR DANS LA POPULATION MAROCAINE », Mémoire de fin d'études Pour L'obtention du Diplôme National de Spécialité en : OPHTALMOLOGIE, Université Mohammed V - Rabat Faculté de Médecine et de Pharmacie, Rabat, 2022.
- [33] « 15M169.pdf ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.bibliosante.ml/bitstream/handle/123456789/808/15M169.pdf;jsessionid=A7438B3909F411FC0B4E6ACDAEE2C0CC?sequence=1>
- [34] M. Puech, *Imagerie en ophtalmologie*. Elsevier Health Sciences, 2019.

- [35] N. B. CASSETTE Studio, « What is corneal thickness? (corneal pachymetry) - Doctor Damien Gatinel ». Consulté le: 11 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.gatinel.com/2011/01/quest-ce-que-lepasseur-corneenne-pachymetrie-corneenne/>
- [36] M. Moshirfar, A. Duong, et Y. Ronquillo, « Corneal Imaging », in *StatPearls*, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing, 2025. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK562157/>
- [37] Y. Lteif et D. Gatinel, « Calcul de la puissance de l'implant intraoculaire après chirurgie réfractive cornéenne », *J. Fr. Ophtalmol.*, vol. 31, n° 3, p. 326-334, mars 2008, doi: 10.1016/s0181-5512(08)74814-9.
- [38] N. B. CASSETTE Studio, « Topographie cornéenne - Docteur Damien Gatinel ». Consulté le: 23 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.gatinel.com/chirurgie-refractive/bilan-preoperatoire/1%e2%80%99etude-de-la-cornee-topographie-corneenne-mesure-de-1%e2%80%99epaisseur-et-de-la-resistance-biomecanique-corneenne/>
- [39] « Chapitre 14 ». Consulté le: 23 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.em-consulte.com/em/SFO/rapport/file_100027.html
- [40] G. D, « Quoi de neuf en chirurgie réfractive ? », *Réalités Ophtalmologiques*. Consulté le: 23 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.realites-ophtalmologiques.com/2024/06/07/quoi-de-neuf-en-chirurgie-refractive-4/>
- [41] « N°271 - Septembre 2024 », *cahiers-ophtalmologie*. Consulté le: 23 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cahiers-ophtalmologie.fr/tous-les-numeros/n0271-septembre-2024/137>
- [42] J.-F. Korobelnik, *OCT en ophtalmologie: rapport 2019*. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson, 2019.
- [43] « Fiabilité de la pachymétrie par OCT comparée à la pachymétrie par ultrason | SFO-online - Société Française d'Ophtalmologie ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.sfo-online.fr/session/media/fiabilite-de-la-pachymetrie-par-oct-comparee-la-pachymetrie-par-ultrason>
- [44] A. El Maftouhi, « Quelle est la place de l'OCT dans le bilan de chirurgie réfractive ». 2020.
- [45] E. Masson, « Pachymétrie cornéenne centrale dans la population pédiatrique par microscopie spéculaire non-contact : à propos de 405 cas », *EM-Consulte*. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/166273/pachymetrie-corneenne-centrale-dans-la-population->
- [46] « g-palmetto-l34512-lcd-corneal-pachymetry-pdf.pdf ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.aao.org/assets/bada05bb-785c-4220-84f5-c688b0adb205/636034975448600000/g-palmetto-l34512-lcd-corneal-pachymetry-pdf?inline=1>
- [47] « Pachymetry - Knowledge and References », Taylor & Francis. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://taylorandfrancis.com/knowledge/Medicine_and_healthcare/Ophthalmology/Pachymetry/
- [48] D. Hardiman-McCartney, « Corneal thickness measurement: Pachymetry a practitioner's guide ».
- [49] « Pachymétrie cornéenne, hypertension oculaire et glaucome », *studylibfr.com*. Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://studylibfr.com/doc/3310794/utilite-de-la-pachymetrie-corneenne-dans-l>
- [50] F. Catania, Morengi, Emanuela, Rosetta, Pietro, Paolo, Vinciguerra, et R. and Vinciguerra, « Corneal Biomechanics Assessment with Ultra High Speed Scheimpflug Camera in Primary Open Angle Glaucoma Compared with Healthy Subjects: A meta-analysis of the Literature », *Curr. Eye Res.*, vol. 48, n° 2, p. 161-171, févr. 2023, doi: 10.1080/02713683.2022.2059809.

- [51] « What Are Corneal Dystrophies? », American Academy of Ophthalmology. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.aao.org/eye-health/diseases/corneal-dystrophies>
- [52] A. Shabani, M. Asani, G. Kaçaniku, V. Ajazaj, E. Dida, et P. Lutaj, « Pachymetric Changes of the Cornea Amongst Patients Treated with LASIK », *Acta Inform. Medica*, vol. 23, n° 6, p. 352-355, déc. 2015, doi: 10.5455/aim.2015.23.352-355.
- [53] Y. Li, R. Shekhar, et D. Huang, « Corneal Pachymetry Mapping with High-speed Optical Coherence Tomography », *Ophthalmology*, vol. 113, n° 5, p. 792-799.e2, mai 2006, doi: 10.1016/j.opht.2006.01.048.
- [54] « Predicting Success: The Crucial Role of Preoperative Data in Refractive Surgery Outcomes ». Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/388068836_Predicting_Success_The_Crucial_Role_of_Preoperative_Data_in_Refractive_Surgery_Outcomes
- [55] « Pachymetry: A Review », ResearchGate. Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/236892606_Pachymetry_A_Review
- [56] E. Masson, « 464 Influence de l'âge sur l'épaisseur cornéenne centrale et périphérique », EM-Consulte. Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/213495/464-influence-de-lage-sur-lepaisseur-corneenne-cen>
- [57] « L'Algérie en bref ». Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.mfa.gov.dz/fr/discover-algeria/about-algeria>
- [58] E. Masson, « Distribution de l'épaisseur cornéenne centrale dans la population tunisienne : étude par tomographie en cohérence optique du segment antérieur », EM-Consulte. Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/1321740/alerteM>
- [59] E. Masson, « Distribution de l'épaisseur cornéenne centrale dans une population mélanoderme », EM-Consulte. Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.em-consulte.com/article/791098/distribution-de-lepaisseur-corneenne-centrale-dans>
- [60] « Relationship of Age and Refraction to Central Corneal Thickness », ResearchGate. Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/49635431_Relationship_of_Age_and_Refraction_to_Central_Corneal_Thickness
- [61] M. Shimmyo, A. J. Ross, A. Moy, et R. Mostafavi, « Intraocular pressure, Goldmann applanation tension, corneal thickness, and corneal curvature in Caucasians, Asians, Hispanics, and African Americans », *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 136, n° 4, p. 603-613, oct. 2003, doi: 10.1016/s0002-9394(03)00424-0.
- [62] S. Arnavielle, A. Muselier, C. Creuzot-Garcher, et A. Bron, « Pachymétrie cornéenne centrale et épaisseur de la couche des fibres optiques chez les sujets normotones et hypertones », *J. Fr. Ophtalmol.*, vol. 32, n° 6, p. 383-389, juin 2009, doi: 10.1016/j.jfo.2009.04.024.
- [63] « Central Corneal Thickness Measurement with a Retinal Optical Coherence Tomography Device Versus Standard Ultrasonic Pachymetry », ResearchGate. Consulté le: 10 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.researchgate.net/publication/12142056_Central_Corneal_Thickness_Measurement_with_a_Retinal_Optical_Coherence_Tomography_Device_Versus_Standard_Ultrasonic_Pachymetry
- [64] Y. Ueno, T. Hiraoka, M. Miyazaki, M. Ito, et T. Oshika, « Corneal Thickness Profile and Posterior Corneal Astigmatism in Normal Corneas », *Ophthalmology*, vol. 122, n° 6, p. 1072-1078, juin 2015, doi: 10.1016/j.opht.2015.01.021.

- [65] Y. Ueno, T. Hiraoka, M. Miyazaki, M. Ito, et T. Oshika, « Corneal Thickness Profile and Posterior Corneal Astigmatism in Normal Corneas », *Ophthalmology*, vol. 122, n° 6, p. 1072-1078, juin 2015, doi: 10.1016/j.ophtha.2015.01.021.
- [66] S. Lazreg *et al.*, « Comparison of corneal thickness and biomechanical properties between North African and French patients », *J. Cataract Refract. Surg.*, vol. 39, n° 3, p. 425-430, mars 2013, doi: 10.1016/j.jcrs.2012.09.015.
- [67] S. Suzuki, Y. Suzuki, A. Iwase, et M. Araie, « Corneal Thickness in an Ophthalmologically Normal Japanese Population », *Ophthalmology*, vol. 112, n° 8, p. 1327-1336, août 2005, doi: 10.1016/j.ophtha.2005.03.022.
- [68] A. C.-M. Wong, C.-C. Wong, N. S.-Y. Yuen, et S.-P. Hui, « Correlational study of central corneal thickness measurements on Hong Kong Chinese using optical coherence tomography, Orbscan and ultrasound pachymetry », *Eye Lond. Engl.*, vol. 16, n° 6, p. 715-721, nov. 2002, doi: 10.1038/sj.eye.6700211.
- [69] M. Korey, D. Gieser, M. A. Kass, S. R. Waltman, M. Gordon, et B. Becker, « Central corneal endothelial cell density and central corneal thickness in ocular hypertension and primary open-angle glaucoma », *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 94, n° 5, p. 610-616, nov. 1982, doi: 10.1016/0002-9394(82)90005-8.
- [70] A. Siu et P. Herse, « The effect of age on human corneal thickness. Statistical implications of power analysis », *Acta Ophthalmol. (Copenh.)*, vol. 71, n° 1, p. 51-56, févr. 1993, doi: 10.1111/j.1755-3768.1993.tb04959.x.
- [71] R. C. Wolfs, C. C. Klaver, J. R. Vingerling, D. E. Grobbee, A. Hofman, et P. T. de Jong, « Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure: The Rotterdam Study », *Am. J. Ophthalmol.*, vol. 123, n° 6, p. 767-772, juin 1997, doi: 10.1016/s0002-9394(14)71125-0.
- [72] E. Aghaian, J. E. Choe, S. Lin, et R. L. Stamper, « Central corneal thickness of Caucasians, Chinese, Hispanics, Filipinos, African Americans, and Japanese in a glaucoma clinic », *Ophthalmology*, vol. 111, n° 12, p. 2211-2219, déc. 2004, doi: 10.1016/j.ophtha.2004.06.013.
- [73] J. D. Brandt, J. A. Beiser, M. A. Kass, et M. O. Gordon, « Central corneal thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS) », *Ophthalmology*, vol. 108, n° 10, p. 1779-1788, oct. 2001, doi: 10.1016/s0161-6420(01)00760-6.
- [74] P. Cho et C. Lam, « Factors affecting the central corneal thickness of Hong Kong-Chinese », *Curr. Eye Res.*, vol. 18, n° 5, p. 368-374, mai 1999, doi: 10.1076/ceyr.18.5.368.5347.
- [75] E. L. Martola et J. L. Baum, « Central and peripheral corneal thickness. A clinical study », *Arch. Ophthalmol. Chic. Ill 1960*, vol. 79, n° 1, p. 28-30, janv. 1968, doi: 10.1001/archopht.1968.03850040030009.
- [76] H. Nomura, F. Ando, N. Niino, H. Shimokata, et Y. Miyake, « The relationship between age and intraocular pressure in a Japanese population: the influence of central corneal thickness », *Curr. Eye Res.*, vol. 24, n° 2, p. 81-85, févr. 2002, doi: 10.1076/ceyr.24.2.81.8161.
- [77] B. Nemesure, S.-Y. Wu, A. Hennis, M. C. Leske, et Barbados Eye Study Group, « Corneal thickness and intraocular pressure in the Barbados eye studies », *Arch. Ophthalmol. Chic. Ill 1960*, vol. 121, n° 2, p. 240-244, févr. 2003, doi: 10.1001/archopht.121.2.240.
- [78] Tanaka HM, Mori ES, Maia N, Freitas D, Campos M, et Charmon W, « Corneal thickness in high myopes. Invest Ophthalmol Vis Sci. » 1996.
- [79] M. A. Kass *et al.*, « The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma », *Arch. Ophthalmol. Chic. Ill 1960*, vol. 120, n° 6, p. 701-713; discussion 829-830, juin 2002, doi: 10.1001/archopht.120.6.701.
- [80] C. Y. Shih, J. S. Graff Zivin, S. L. Trokel, et J. C. Tsai, « Clinical significance of central corneal thickness in the management of glaucoma », *Arch. Ophthalmol. Chic. Ill 1960*, vol. 122, n° 9, p. 1270-1275, sept. 2004, doi: 10.1001/archopht.122.9.1270.

- [81] M. Pakravan, A. Parsa, M. Sanagou, et C. F. Parsa, « Central corneal thickness and correlation to optic disc size: a potential link for susceptibility to glaucoma », *Br. J. Ophthalmol.*, vol. 91, n° 1, p. 26-28, janv. 2007, doi: 10.1136/bjo.2006.106039.
- [82] F. A. La Rosa, R. L. Gross, et S. Orengo-Nania, « Central corneal thickness of Caucasians and African Americans in glaucomatous and nonglaucomatous populations », *Arch. Ophthalmol. Chic. Ill 1960*, vol. 119, n° 1, p. 23-27, janv. 2001.
- [83] J. D. Brandt, J. A. Beiser, M. A. Kass, et M. O. Gordon, « Central Corneal Thickness in the Ocular Hypertension Treatment Study (OHTS) », *Ophthalmology*, vol. 127, n° 4, Supplement, p. S72-S81, avr. 2020, doi: 10.1016/j.ophtla.2020.01.028.
- [84] « The Quick Python Book, Fourth Edition », Manning Publications. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.manning.com/books/the-quick-python-book-fourth-edition>
- [85] H. Bersini, P. Alexis, et G. Degols, *Apprendre la programmation web avec Python et Django - 2e édition: Principes et bonnes pratiques pour les sites web dynamiques*, 2e édition. Paris: EYROLLES, 2018.
- [86] A. Bahgat, « Flask vs Django : Choisissez votre prochain framework Python », Kinsta®. Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://kinsta.com/fr/blog/flask-vs-django/>
- [87] « Django for Professionals: Production websites with Python & Django: Vincent, William S.: 9781081582166: Amazon.com: Books ». Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.amazon.com/Django-Professionals-Production-websites-Python/dp/1081582162>
- [88] M. Salmi, A. Bouchelaghem, et S. Mohellebi, « Le système de santé en Algérie face au développement du numérique : le dossier du patient informatisé. Cas du CHU de Tizi-Ouzou. », *Rev. Fr. Econ. Gest.*, vol. 3, n° 5, Art. n° 5, juin 2022, Consulté le: 7 mai 2025. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.revuefreg.fr/index.php/home/article/view/690>