



كلية الطب  
والصيدلة - مراكش  
FACULTÉ DE MÉDECINE  
ET DE PHARMACIE - MARRAKECH

Année 2022

Thèse N° 184

# Etude de l'épaisseur cornéenne centrale chez les sujets normotones de la région Sud du Maroc

---

## THÈSE

PRÉSENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 07/06/2022

PAR

Mr. **Farouk CHEDDIRI**

Né le 03 Août 1992 à Salé

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

---

## MOTS-CLÉS

Epaisseur cornéenne-Pachymétrie cornéenne-Tonus oculaire  
Normotonie oculaire

---

## JURY

Mr.	<b>A. ALJALIL</b> Professeur agrégé d'Oto-rhino-laryngologie	PRESIDENT
Mr.	<b>S. LOUAYA</b> Professeur agrégé d'Ophtalmologie	RAPPORTEUR
Mr.	<b>A. BOUZERDA</b> Professeur agrégé de Cardiologie	} JUGES
Mme.	<b>S. BELGHMAIDI</b> Professeure agrégée d'Ophtalmologie	
Mr.	<b>O. MOUSTAINE</b> Professeur assistant d'Ophtalmologie	MEMBRE ASSOCIE



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

"رب أوزعني أن أشكر نعمتك التي  
أنعمت عليّ وعلى والديّ وأن أعمل  
صالحاً ترضاه وأصلح لي في ذريّتي إني  
تبت إليك وإني من المسلمين"

صدق الله العظيم

سورة النمل

الآية 19



# Serment d'Hippocrate



*Au moment d'être admis à devenir membre de la profession médicale, je m'engage solennellement à consacrer ma vie au service de l'humanité.*

*Je traiterai mes maîtres avec le respect et la reconnaissance qui leur sont dus. Je pratiquerai ma profession avec conscience et dignité.*

*La santé de mes malades sera mon premier but.*

*Je ne trahirai pas les secrets qui me seront confiés.*

*Je maintiendrai par tous les moyens en mon pouvoir l'honneur et les nobles traditions de la profession médicale.*

*Les médecins seront mes frères.*

*Aucune considération de religion, de nationalité, de race, aucune considération politique et sociale, ne s'interposera entre mon devoir et mon patient.*

*Je maintiendrai strictement le respect de la vie humaine dès sa conception.*

*Même sous la menace, je n'userai pas mes connaissances médicales d'une façon contraire aux lois de l'humanité.*

*Je m'y engage librement et sur mon honneur.*

Déclaration Genève, 1948





*LISTE DES PROFESSEURS*



**UNIVERSITE CADI AYYAD**  
**FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE**  
**MARRAKECH**

Doyens Honoraires : Pr. Badie Azzaman MEHADJI  
: Pr. Abdelhaq ALAOUI YAZIDI

**ADMINISTRATION**

Doyen : Pr Mohammed BOUSKRAOUI  
Vice doyen à la Recherche et la coopération : Pr. Mohamed AMINE  
Vice doyen aux affaires pédagogiques : Pr. Redouane EL FEZZAZI  
Vice doyen chargé de la Pharmacie : Pr. Said ZOUHAIR  
Secrétaire Général : Mr. Azzeddine EL HOUDAIGUI

**Professeurs de l'enseignement supérieur**

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABKARI Imad	Traumato-orthopédie	ELOMRANI Abdelhamid	Radiothérapie
ABOUCHADI Abdeljalil	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	ESSAADOUNI Lamiaa	Médecine interne
ABOU EL HASSAN Taoufik	Anésthésie-réanimation	FADILI Wafaa	Néphrologie
ABOULFALAH Abderrahim	Gynécologie-obstétrique	FAKHIR Bouchra	Gynécologie-obstétrique
ABOUSSAIR Nisrine	Génétique	FAKHRI Anass	Histologie-embryologie cytogénétique
ADALI Imane	Psychiatrie	FOURAIJI Karima	Chirurgie pédiatrique
ADMOU Brahim	Immunologie	GHANNANE Houssine	Neurochirurgie
AGHOUTANE El Mouhtadi	Chirurgie pédiatrique	GHOUNDALE Omar	Urologie

AISSAOUI Younes	Anesthésie-réanimation	HACHIMI Abdelhamid	Réanimation médicale
AIT AMEUR Mustapha	Hématologie	HAJJI Ibtissam	Ophtalmologie
AIT BENALI Said	Neurochirurgie	HAROU Karam	Gynécologie-obstétrique
AIT BENKADDOUR Yassir	Gynécologie-obstétrique	HOCAR Ouafa	Dermatologie
AIT SAB Imane	Pédiatrie	JALAL Hicham	Radiologie
ALJ Soumaya	Radiologie	KAMILI El Ouafi El Aouni	Chirurgie pédiatrique
AMAL Said	Dermatologie	KHALLOUKI Mohammed	Anesthésie-réanimation
AMINE Mohamed	Epidémiologie clinique	KHATOURI Ali	Cardiologie
AMMAR Haddou	Oto-rhino-laryngologie	KHOUCANI Mouna	Radiothérapie
AMRO Lamyae	Pneumo-phtisiologie	KISSANI Najib	Neurologie
ANIBA Khalid	Neurochirurgie	KRATI Khadija	Gastro-entérologie
ARSALANE Lamiae	Microbiologie-virologie	KRIET Mohamed	Ophtalmologie
ASMOUKI Hamid	Gynécologie-obstétrique	LAGHMARI Mehdi	Neurochirurgie
ATMANE El Mehdi	Radiologie	LAKMICH Mohamed Amine	Urologie
BAIZRI Hicham	Endocrinologie et maladies métaboliques	LAKOUICHMI Mohammed	Stomatologie et chirurgie maxillofaciale
BASRAOUI Dounia	Radiologie	LAOUAD Inass	Néphrologie
BASSIR Ahlam	Gynécologie-obstétrique	LOUHAB Nissrine	Neurologie
BELBARAKA Rhizlane	Oncologie médicale	LOUZI Abdelouahed	Chirurgie générale
BELKHOU Ahlam	Rhumatologie	MADHAR Si Mohamed	Traumato-orthopédie
BENALI Abdeslam	Psychiatrie	MANOUDI Fatiha	Psychiatrie

BENCHAMKHA Yassine	Chirurgie réparatrice et plastique	MANSOURI Nadia	Stomatologie et chirurgie maxillofaciale
BEN DRISS Laila	Cardiologie	MAOULAININE Fadl mrabih rabou	Pédiatrie
BENELKHAÏAT BENOMAR Ridouan	Chirurgie générale	MATRANE Aboubakr	Médecine nucléaire
BENHIMA Mohamed Amine	Traumato-orthopédie	MOUAFFAK Youssef	Anesthésie-reanimation
BENJELLOUN HARZIMI Amine	Pneumo-phtisiologie	MOUDOUNI Said Mohammed	Urologie
BENJILALI Laila	Médecine interne	MOUFID Kamal	Urologie
BENZAROUEL Dounia	Cardiologie	MOUTAJ Redouane	Parasitologie
BOUCHENTOUF Rachid	Pneumo-phtisiologie	MOUTAOUAKIL Abdeljalil	Ophthalmologie
BOUKHANNI Lahcen	Gynécologie-obstétrique	MSOUGAR Yassine	Chirurgie thoracique
BOUKHIRA Abderrahman	Biochimie-chimie	NAJEB Youssef	Traumato-orthopédie
BOUMZEBRA Drissi	Chirurgie Cardio-vasculaire	NARJIS Youssef	Chirurgie générale
BOURRAHOUEAT Aïcha	Pédiatrie	NEJMI Hicham	Anesthésie-reanimation
BOURROUS Monir	Pédiatrie	NIAMANE Radouane	Rhumatologie
BOUSKRAOUI Mohammed	Pédiatrie	OUALI IDRISSE Mariem	Radiologie
BSISS Mohammed Aziz	Biophysique	OUBAHA Sofia	Physiologie
CHAFIK Rachid	Traumato-orthopédie	OULAD SAIAD Mohamed	Chirurgie pédiatrique
CHAKOUR Mohammed	Hématologie	QACIF Hassan	Médecine interne
CHELLAK Laila	Biochimie-chimie	QAMOUSS Youssef	Anesthésie-reanimation
CHERIF IDRISSE EL GANOUNI Najat	Radiologie	RABBANI Khalid	Chirurgie générale
CHOULLI Mohamed Khaled	Neuro pharmacologie	RADA Noureddine	Pédiatrie

DAHAMI Zakaria	Urologie	RAIS Hanane	Anatomie pathologique
DAROUASSI Youssef	Oto-rhino-laryngologie	RAJI Abdelaziz	Oto-rhino-laryngologie
DRAISS Ghizlane	Pédiatrie	ROCHDI Youssef	Oto-rhino-laryngologie
EL ADIB Ahmed Rhassane	Anesthésie-réanimation	SAMKAOUI Mohamed Abdenasser	Anesthésie-réanimation
ELAMRANI Moulay Driss	Anatomie	SAMLANI Zouhour	Gastro-entérologie
EL ANSARI Nawal	Endocrinologie et maladies métaboliques	SARF Ismail	Urologie
EL BARNI Rachid	Chirurgie générale	SORAA Nabila	Microbiologie-virologie
EL BOUCHTI Imane	Rhumatologie	SOUMMANI Abderraouf	Gynécologie-obstétrique
EL BOUIHI Mohamed	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	TASSI Noura	Maladies infectieuses
EL FEZZAZI Redouane	Chirurgie pédiatrique	TAZI Mohamed Illias	Hématologie clinique
ELFIKRI Abdelghani	Radiologie	YOUNOUS Said	Anesthésie-réanimation
EL HAOURY Hanane	Traumatologie-orthopédie	ZAHLANE Kawtar	Microbiologie-virologie
EL HATTAOUI Mustapha	Cardiologie	ZAHLANE Mouna	Médecine interne
EL HOUDZI Jamila	Pédiatrie	ZAOUI Sanaa	Pharmacologie
EL IDRISSE SLITINE Nadia	Pédiatrie	ZEMRAOUI Nadir	Néphrologie
EL KARIMI Saloua	Cardiologie	ZIADI Amra	Anesthésie-réanimation
EL KHADER Ahmed	Chirurgie générale	ZOUHAIR Said	Microbiologie
EL KHAYARI Mina	Réanimation médicale	ZYANI Mohammad	Médecine interne
EL MGHARI TABIB Ghizlane	Endocrinologie et maladies métaboliques		

## Professeurs Agrégés

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
ABDOU Abdessamad	Chirurgie Cardio-vasculaire	HAZMIRI Fatima Ezzahra	Histologie-embryologie-cytogénétique
ABIR Badreddine	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	JANAH Hicham	Pneumo-phtisiologie
ADARMOUCH Latifa	Médecine communautaire (Médecine préventive, santé publique et hygiène)	KADDOURI Said	Médecine interne
AIT BATAHAR Salma	Pneumo-phtisiologie	LAFFINTI MahmoudAmine	Psychiatrie
ALAOUI Hassan	Anesthésie-réanimation	LAHKIM Mohammed	Chirurgie générale
ALJALIL Abdelfattah	Oto-rhino-laryngologie	MARGAD Omar	Traumato-orthopédie
ARABI Hafid	Médecine physiqueet réadaptation fonctionnelle	MESSAOUDI Redouane	Ophthalmologie
ARSALANE Adil	Chirurgie thoracique	MLIHA TOUATI Mohammed	Oto-rhino-laryngologie
ASSERRAJI Mohammed	Néphrologie	MOUHSINE Abdelilah	Radiologie
BELBACHIR Anass	Anatomie pathologique	NADER Youssef	Traumato-orthopédie
BELHADJ Ayoub	Anesthésie-réanimation	NASSIM SABAH Taoufik	Chirurgie réparatrice et plastique
BOUZERDA Abdelmajid	Cardiologie	RHARRASSI Issam	Anatomie pathologique
CHRAA Mohamed	Physiologie	SALAMA Tarik	Chirurgie pédiatrique
EL HAOUATI Rachid	Chirurgie Cardio-vasculaire	SEDDIKI Rachid	Anesthésie-réanimation
EL KAMOUNI Youssef	Microbiologie-virologie	SERGHINI Issam	Anesthésie-réanimation
EL MEZOUARI El Mostafa	Parasitologie-mycologie	TOURABI Khalid	Chirurgie réparatrice et plastique
ESSADI Ismail	Oncologie médicale	ZARROUKI Youssef	Anesthésie-réanimation

GHAZI Mirieme	Rhumatologie	ZIDANE Moulay Abdelfettah	Chirurgie thoracique
HAMMOUNE Nabil	Radiologie	BELGHMAIDI Sarah	Ophthalmologie

### Professeurs Assistants

Nom et Prénom	Spécialité	Nom et Prénom	Spécialité
AABBASSI Bouchra	Psychiatrie	EL JADI Hamza	Endocrinologie et maladies métaboliques
ABALLA Najoua	Chirurgie pédiatrique	EL-QADIRY Rabiya	Pédiatrie
ABDELFETTAH Youness	Rééducation et réhabilitation fonctionnelle	FASSI Fihri Mohamed Jawad	Chirurgie générale
ABOUDOURIB Maryem	Dermatologie	FDIL Naima	Chimie de coordination bio-organique
ABOULMAKARIM Siham	Biochimie	FENANE Hicham	Chirurgie thoracique
ACHKOUN Abdessalam	Anatomie	GEBRATI Lhoucine	Chimie physique
AHBALA Tariq	Chirurgie générale	HAJHOUI Farouk	Neurochirurgie
AIT ERRAMI Adil	Gastro-entérologie	HAJJI Fouad	Urologie
AKKA Rachid	Gastro-entérologie	HAMRI Asma	Chirurgie Générale
AMINE Abdellah	Cardiologie	HAZIME Raja	Immunologie
ARROB Adil	Chirurgie réparatrice et plastique	IDALENE Malika	Maladies infectieuses
AZAMI Mohamed Amine	Anatomie pathologique	KHALLIKANE Said	Anesthésie-réanimation
AZIZ Zakaria	Stomatologie et chirurgie maxillo faciale	LACHHAB Zineb	Pharmacognosie
AZIZI Mounia	Néphrologie	LAHLIMI Fatima Ezzahra	Hématologie Clinique
BAALLAL Hassan	Neurochirurgie	LAHMINE Widad	Pédiatrie
BABA Hicham	Chirurgie générale	LAMRANI HANCI Asmae	Microbiologie- virologie
BELARBI Marouane	Néphrologie	LOQMAN Souad	Microbiologie et toxicologie

			environnementale
BELFQUIH Hatim	Neurochirurgie	JALLAL Hamid	Cardiologie
ELOUARDI Youssef	Anesthésie-réanimation	MAOUJOURD Omar	Néphrologie
BELLASRI Salah	Radiologie	MEFTAH Azzelarab	Endocrinologie et maladies métaboliques
BENAMEUR Yassir	Médecine nucléaire	MILOUDI Mouhcine	Microbiologie-virologie
BENANTAR Lamia	Neurochirurgie	MOUGUI Ahmed	Rhumatologie
BENCHAFAI Ilias	Oto- rhino- laryngologie	MOULINE Souhail	Microbiologie-virologie
BENNAOUI Fatiha	Pédiatrie	NASSIH Houda	Pédiatrie
BENYASS Youssef	Traumatologie- orthopédie	OUEIRIAGLI NABIH Fadoua	Psychiatrie
BENZALIM Meriam	Radiologie	OUMERZOUK Jawad	Neurologie
BOUHAMIDI Ahmed	Dermatologie	RAGGABI Amine	Neurologie
BOUTAKIOUTE Badr	Radiologie	RAISSI Abderrahim	Hématologie Clinique
CHAHBI Zakaria	Maladies infectieuses	REBAHI Houssam	Anesthésie-réanimation
CHEGGOUR Mouna	Biochimie	RHEZALI Manal	Anesthésie-réanimation
CHETOUI Abdelkhalek	Cardiologie	ROUKHSI Redouane	Radiologie
CHETTATI Mariam	Néphrologie	SAHRAOUI Houssam Eddine	Anesthésie-réanimation
DAMI Abdallah	Médecine légale	SALLAHI Hicham	Traumatologie- orthopédie
DARFAOUI Mouna	Radiothérapie	SAYAGH Sanae	Hématologie
DOUIREK Fouzia	Anesthésie réanimation	SBAAI Mohammed	Parasitologie-mycologie
DOULHOUSNE Hassan	Radiologie	SBAI Asma	Informatique
EL-AKHIRI Mohammed	Oto- rhino- laryngologie	SEBBANI Majda	Médecine Communautaire (Médecine préventive, santé publique et

			hygiène)
EL AMIRI Moulay Ahmed	Chimie de coordination bio- organique	SIRBOU Rachid	Médecine d'urgence et de catastrophe
ELATIQUI Oumkeltoum	Chirurgie réparatrice et plastique	SLIOUI Badr	Radiologie
ELBAZ Meriem	Pédiatrie	WARDA Karima	Microbiologie
EL FADLI Mohammed	Oncologie médicale	YAHYAOUI Hicham	Hématologie
EL FAKIRI Karima	Pédiatrie	YANISSE Siham	Pharmacie galénique
EL GAMRANI Younes	Gastro-entérologie	ZBITOU Mohamed Anas	Cardiologie
EL HAKKOUNI Awatif	Parasitologie-mycologie	ZIRAOUI Oualid	Chimie thérapeutique
ELJAMILI Mohammed	Cardiologie	ZOUITA Btissam	Radiologie
EL KHASSOUI Amine	Chirurgie pédiatrique	ZOUIZRA Zahira	Chirurgie Cardio- vasculaire

LISTE ARRETEE LE 03/03/2022



*DÉDICACES*



*Je vais tenter de satisfaire au difficile exercice de la page des dédicaces et des remerciements, peut-être la tâche la plus ardue de cette rédaction de thèse. La difficulté ne tient pas à exprimer ma gratitude envers les personnes qui me sont chères ou bien en qui j'ai trouvé un soutien mais plutôt dans le fait de n'oublier personne. C'est pourquoi, je remercie d'avance ceux et celles dont le nom n'apparaîtra pas dans cette page et qui m'ont aidé d'une manière ou d'une autre. Ils se reconnaîtront !*

*Je n'ai pas pu trouver les mots pour exprimer mes émotions pour vous, mon amour, ma gratitude, mon respect...*



*Je dédie cette thèse...*

*A mes très chers parents :*

*Mr Abdelaziz CHEDDIRI et Mme Khadija LISTIKKAOUI*

*Pour les peines que vous avez consenties pour mon  
éducation et ma formation.*

*Ce travail est le fruit de vos efforts et une modeste  
récompense de votre amour débordant.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer à sa juste valeur  
mon profond amour, ma gratitude et ma profonde  
reconnaissance pour l'ampleur de vos sacrifices et des  
souffrances que vous avez endurés pour mon  
éducation, mon bien être.*

*Vous étiez toujours présent à mes côtés et vous n'avez  
jamais cessé de lutter.*

*Ce travail est le résultat de l'esprit de sacrifice dont  
vous avez fait preuve, de l'encouragement et le soutien  
que vous ne cessez de manifester.*

*J'espère avoir répondu aux espoirs que vous avez  
fondés en moi et réalisés aujourd'hui l'un de vos rêves.*

*J'implore Dieu, tout puissant, de vous accorder une  
bonne santé, une longue vie et beaucoup de bonheur.*

*Que dieu vous bénéfice  
Je vous aime beaucoup...*

*A ma sœur Fatímazehra CHEDDIRI  
et mon frère Achraf CHEDDIRI:*

*Je ne peux exprimer à travers ces lignes tous mes sentiments d'amour et de tendresse envers vous deux. L'affection et l'amour fraternel que vous me portez m'ont beaucoup soutenu durant mon parcours. Je vous dédie ce travail en témoignage de l'amour que j'ai pour vous et que je suis parvenu à vous rendre fier de votre frère. Je vous souhaite la réussite dans votre vie, avec tout le bonheur qu'il faut pour vous combler. Puisse l'amour et la fraternité nous unissent à jamais.*

*Je vous aime...*

*A la mémoire de mes grands-parents maternels et paternels*

*Puisse Dieu vous avoir en sa sainte miséricorde et que ce travail soit une prière pour vos âmes.*

*A ma grande famille*

*En témoignage de mon attachement et de ma grande considération. J'espère que vous trouverez à travers ce travail l'expression de mes sentiments les plus chaleureux.*

*Que ce travail vous apporte l'estime, le respect que je porte à votre égard et soit la preuve du désir que j'aie depuis toujours pour vous honorer.*

*Tous mes vœux de bonheur et de santé.*

*A mon ami Mohamed Amine CHARIK*

*Un frère d'une autre mère, qui en plus de m'avoir encouragé tout le long de mes études, m'a consacré beaucoup de temps et disponibilité, et qui par son soutien, ses conseils et son amitié, m'ont permis d'arriver jusqu'à ici. Merci de m'avoir toujours soutenu et merci pour tous les bons moments passés ensemble, et ce n'est pas fini.*

*Aux amis :*

*YOUNESS, SAFAE, AIMAD, SOUFIANE, ABDELHADI, FEDWA, SARA, OTHMANE, ASMAE, MANAL, NAJAT, AMINE, MARIA, TARIK, MEHDI...*

*Vous êtes pour moi plus que des amis, la complicité que nous partageons est rare et m'est précieuse. Un grand merci pour votre soutien, vos encouragements, votre aide.*

*Je vous remercie mille fois et je vous dédie ce travail en témoignage de ma grande affection et en souvenir des agréables moments passés ensemble..*

*Que cette amitié dure toute une vie ; pour le meilleur et pour le pire. Vous êtes les meilleurs*

Enfin, que toutes les personnes qui y ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail trouvent ici ma sincère reconnaissance et mes remerciements, ainsi je remercie tout le personnel du service d'Ophthalmologie de l'Hôpital militaire Oued EDDAHAB d'Agadir et le corps administratif de la Faculté de Médecine et Pharmacie de Marrakech.

Un très grand Merci à Tous !



*REMERCIEMENTS*



*A notre Président de thèse*  
*Monsieur le Professeur Abdelfattah ALJALIL :*  
*Professeur D'oto-rhino-laryngologie à l'Hôpital militaire*  
*Avicenne Marrakech*

*Nous sommes honorés de vous avoir comme président du jury de notre thèse. Nous vous sommes très reconnaissants de la spontanéité et de l'amabilité avec lesquelles vous avez accepté de présider notre thèse.*

*Veillez trouver, cher maître, le témoignage de notre grande reconnaissance et de notre profond respect.*

*A notre juge de thèse Monsieur*  
*le Professeur Abdelmajid BOUZERDA:*  
*Professeur et chef de service de Cardiologie à l'Hôpital*  
*militaire Avicenne Marrakech.*

*C'est pour nous un très grand honneur que vous acceptiez de siéger parmi notre honorable jury.*

*Vos compétences professionnelles et vos qualités humaines seront pour nous un exemple dans l'exercice de la profession.*

*Qu'il soit permis de présenter à travers ce travail, le témoignage de mon grand respect et de ma profonde considération.*

A notre Rapporteur de thèse  
Monsieur le Professeur Shamil LOUAYA:  
Professeur et chef de service d'Ophthalmologie à l'Hôpital  
militaire Oued EDDAHAB d'Agadir

*Nous vous remercions pour la gentillesse et la spontanéité avec lesquelles vous avez bien voulu diriger ce travail. Nous avons eu le grand plaisir de travailler sous votre direction, et avons trouvé auprès de vous le conseiller et le guide qui nous a reçu en toute circonstance avec sympathie, sourire et bienveillance.*

*Nous avons toujours trouvé auprès de vous un accueil très chaleureux et nous sommes très reconnaissants des grands efforts que vous avez fournis en dirigeant ce travail. Nous avons eu l'occasion d'apprécier vos qualités humaines, professionnelles et vos qualités d'enseignants qui ont toujours suscité notre admiration.*

*Nous vous prions, cher maître, de trouver ici le témoignage de notre reconnaissance et profonde gratitude.*

A notre juge de thèse  
Madame la Professeur Sarah BELGHMAIDI:  
Professeur d'ophtalmologie au CHU Mohammed VI de  
Marrakech.

*Nous vous remercions de nous avoir honoré par votre présence. Vous avez accepté aimablement de juger cette thèse.*

*Cet honneur nous touche infiniment et nous tenons à vous exprimer notre profonde reconnaissance.*

*Veillez accepter, chère maître, dans ce travail l'assurance de notre estime et notre profond respect.*

*A notre juge de thèse*  
*Monsieur le Professeur Omar MOUSTAINE :*  
*Professeur d'Ophtalmologie au CHU Hassan II d'Agadir*

*Nous vous remercions de nous avoir honorés par votre présence. Vous avez accepté aimablement de juger cette thèse. Cet honneur nous touche infiniment et nous tenons à vous exprimer notre profonde reconnaissance.*



*ABBREVIATIONS*



## Liste des abréviations

<b>ECC</b>	:	Épaisseur cornéenne centrale
<b>PIO</b>	:	Pression intra-oculaire
<b>TO</b>	:	Tonus oculaire
<b>mmHg</b>	:	Millimètre de mercure
<b>µm</b>	:	Micromètre
<b>D</b>	:	Dioptrie
<b>OCT</b>	:	Tomographie en cohérence optique
<b>HMOED</b>	:	Hôpital militaire Oued EDDAHAB d'Agadir
<b>CA</b>	:	Conjonctivite allergique
<b>KCA</b>	:	Kérato-conjonctivite allergique
<b>MMP</b>	:	Métalloprotéinases matricielles
<b>HTA</b>	:	Hypertension artérielle
<b>OD</b>	:	Œil droit
<b>OG</b>	:	Œil gauche
<b>ATCD</b>	:	Antécédant
<b>HPC</b>	:	Haut-Commissaire Au Plan



*PLAN*



<b>INTRODUCTION</b>	<b>01</b>
<b>MATERIEL ET METHODES</b>	<b>04</b>
<b>I. Type et cadre d'étude</b>	<b>05</b>
<b>II. Critères d'inclusion</b>	<b>05</b>
<b>III. Critères d'exclusion</b>	<b>06</b>
<b>IV. Les matériels utilisés</b>	<b>06</b>
<b>V. Analyses statiques</b>	<b>07</b>
<b>VI. Recherche bibliographique</b>	<b>07</b>
<b>RESULTAT</b>	<b>08</b>
<b>I. Profil épidémiologique</b>	<b>09</b>
1. L'âge des patients	09
2. Le sexe	10
3. Niveau socio-économique	10
4. Profession	11
5. Région	12
6. Antécédents oculaires	13
7. Pathologies générales associées	14
8. Motif de consultation	15
<b>II. L'épaisseur cornéenne et la pression intraoculaire (PIO)</b>	<b>16</b>
1. L'épaisseur cornéenne	16
2. La pression intraoculaire (PIO)	17
<b>III. Résultats analytiques</b>	<b>18</b>
<b>DISCUSSION</b>	<b>21</b>
<b>I. Rappels fondamentaux</b>	<b>22</b>
1. Anatomie et embryologie de la cornée	22
2. Physiologie de la cornée	35
3. Exploration de la cornée	39
<b>II. Discussion des résultats</b>	<b>44</b>
<b>CONCLUSION</b>	<b>66</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>68</b>
<b>RESUME</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>77</b>



# *INTRODUCTION*



La cornée est une lentille naturelle transparente de l'œil qui mesure 11 à 12 mm horizontalement et 10 à 11 mm verticalement, qui est au contact de l'air et qui possède une épaisseur variable selon les individus[1].

La coque cornéo-sclérale forme la couche la plus externe du globe oculaire, c'est une structure complexe qui, en plus d'avoir un rôle protecteur et responsable d'environ les trois quarts de la puissance optique de l'œil (42 D)[2].

L'épaisseur de la cornée n'est elle-même pas constante en tous points : elle est plus fine au centre qu'en périphérie. Quand on rapporte le chiffre de l'épaisseur cornéenne, on sous-entend le plus souvent celui de l'épaisseur du centre de la cornée[2,3].

L'épaisseur cornéenne centrale (ECC) est un indicateur important de l'état de la cornée. [4] Sa mesure fournit des informations valides sur l'état physiologique de la cornée et les changements possibles associés aux maladies, aux traumatismes et à l'hypoxie.

Il fait partie intégrante de l'interprétation de la pression intraoculaire et de la prise en charge des patients atteints de glaucome et de l'évaluation de la procédure pré réfractive [5-7].

Selon des données de la littérature, de nombreux facteurs peuvent affecter l'ECC dans la population générale, tels que l'âge, le sexe, les influences environnementales, les pathologies associées et l'origine ethnique[23-26,29-31,39-43,52].

Des études menées dans des pays développés [9,10], ont montré que les personnes d'ascendance africaine avaient un risque accru de développer un glaucome, apparemment à la suite d'un amincissement de l'ECC moyenne et rapport cupule-disque vertical de base plus élevé dans cette population par rapport aux autres ethnies notamment l'ethnie caucasienne.

Malgré son importance, l'évaluation de l'ECC a reçu peu d'attention dans la plupart des pays d'Afrique du Nord, dont le Maroc.

Devant l'absence de données sur l'épaisseur centrale de la cornée chez la population sud-marocaine normotones, il nous a paru nécessaire d'initier cette étude afin d'étudier

## **Etude de l'épaisseur cornéenne centrale chez les sujets normotones de la région Sud du Maroc.**

l'épaisseur central de la cornée chez notre population normotone, rapporterdes chiffres exacts permettant de comparer nos résultats avec ceux de la littérature et déterminer une ECC moyenne.



*MATÉRIEL ET METHODES*



## **I. Type et cadre d'étude**

Il s'agit d'une étude prospective à visée descriptive et analytique portant sur des patients normotones, étalée sur une période de 2 ans (2020–2021), qui concerne 350 patients vu en consultation d'ophtalmologie de l'Hôpital militaire Oued EDDAHAB d'Agadir (HMOED).

Le recueil des données a été effectué sur des fiches d'exploitation préétablies (Annexe 1) rassemblant des éléments anamnestiques cliniques, paracliniques et thérapeutiques.

L'interrogatoire a porté sur :

- Age et sexe du patient
- Niveau socio-économique et culturel
- La région
- ATCD oculaires personnels : Cataracte, rétinopathie diabétique...
- Pathologies générales associées : DT1 /DT2, HTA...
- Motif de consultation ou de suivi : Contrôle AV ou BAV, Fond d'œil....

## **II. Critères d'inclusion :**

Etaient inclus dans notre étude :

- Patients ayant accepté de participer à l'étude avec consentement éclairé et confidentialité respectée.
- Tous les patients non glaucomateux.
- Les patients ayant une normotonie oculaire.

### **III. Critères d'exclusion:**

Non pas été inclus :

- Patients ayant refusé de participer à l'étude.
- Les patients d'origine autre que Marocaine.
- Tous les patients hypertones ou glaucomateux.
- Patients avec kératocône ou une dégénérescence marginale pellucide.
- Tous patients ayant comme ATCD un tonus oculaire élevé.
- Patients avec opacité ou dystrophie cornéenne.
- Patients avec ATCD de traumatisme cornéen
- Patients récemment opérés venus pour consultation Post-Opératoire.

### **IV. Les matériels utilisés :**

Dans notre étude nous avons utilisé un Tono/pachymètre sans contact, à air, modèle CT-1P de TOPCON semi-automatique. Qu'est équipé :

- D'une fonction de tonométrie sans contact (à air pulsé), qui mesure la pression intraoculaire sans contact avec l'œil exprimée en millimètre de mercure(mmHg).
- D'une fonction de pachymétrie, qui est utilisée pour mesurer l'épaisseur cornéenne centrale exprimée en millimètre(mm).



**Figure 1 : Tonomètre à air pulsé Service d'Ophtalmologie HMOED.**

## **V. Analyses statistiques :**

L'ensemble des analyses statistiques était saisi par le logiciel SPSS version 26 et EXCEL 2007, LES résultats descriptifs ou les variables quantitatives ont été exprimés en moyennes et écarts types et les variables qualitatives ont été exprimés en effectif et pourcentage.

Nous avons d'abord procédé à une analyse descriptive pour décrire les caractéristiques de notre population.

Nous avons procédé ensuite à une analyse bivariée par un test Khi-2 et par le test de T de student, un  $p < 0,05$  a été retenu comme significatif.

## **VI. Recherche bibliographique :**

La recherche de la documentation s'est faite de manière électronique. Nous avons consulté plusieurs bases de données : PubMed, Science directe, EM Consulte, Clinicalkey et Google Scholar.

Pour des raisons pratiques, le document devait être disponible en version anglaise ou française, généralement dans leur intégralité. Pour réaliser cette recherche systématique, nous avons utilisés des mots-clés : Epaisseur cornéenne, Pachymétrie cornéenne, Tonus oculaire, normotonie oculaire...



# *RÉSULTATS*



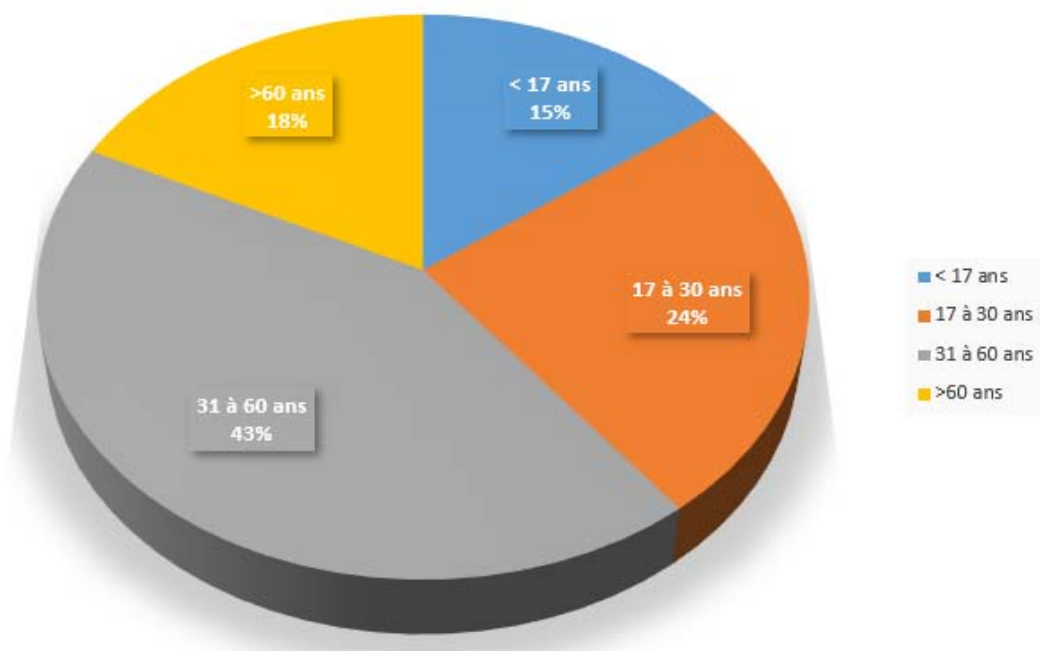
## I. Profil épidémiologique

### 1. L'âge des patients :

La moyenne d'âge de nos patients est de 33 ans s'échelonnant de 14 ans à 85 ans, avec une prédominance de la tranche des patients âgés de 31 à 60 ans (Figure 1).

**Tableau I : Répartition des patients selon la tranche d'âge**

Tranches d'âge	Nombre	%
< 17 ans	52	14.9
17 à 30 ans	86	24.6
31 à 60 ans	150	42.8
>60 ans	62	17.7
<b>Total :</b>	<b>350</b>	<b>100</b>



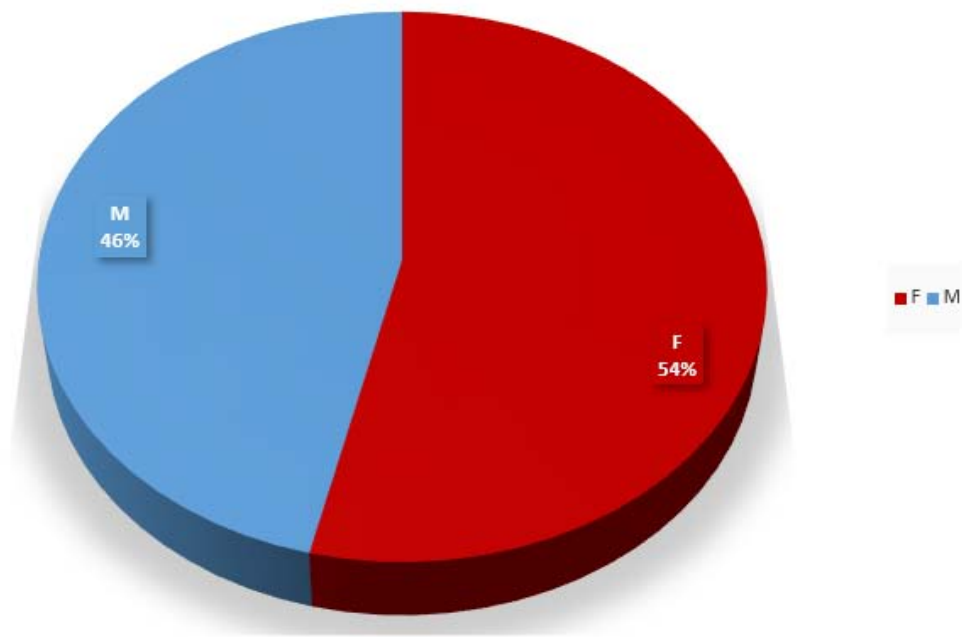
**Figure 2 : Répartition des patients selon l'âge.**

## **2. Le sexe :**

Cent-quatre-vingt-huit(188) de nos patients sont de sexe féminin et Cent-soixante-deux(162)sont de sexe masculin ce qui fait un pourcentage de 53.7% de femelles et un sex-ratio (F/H) de 1.16.

**Tableau II : Répartition des patients selon le sexe**

Sexe	Nombre	%
M	162	46.3
F	188	53.7
<b>Total :</b>	<b>350</b>	<b>100</b>

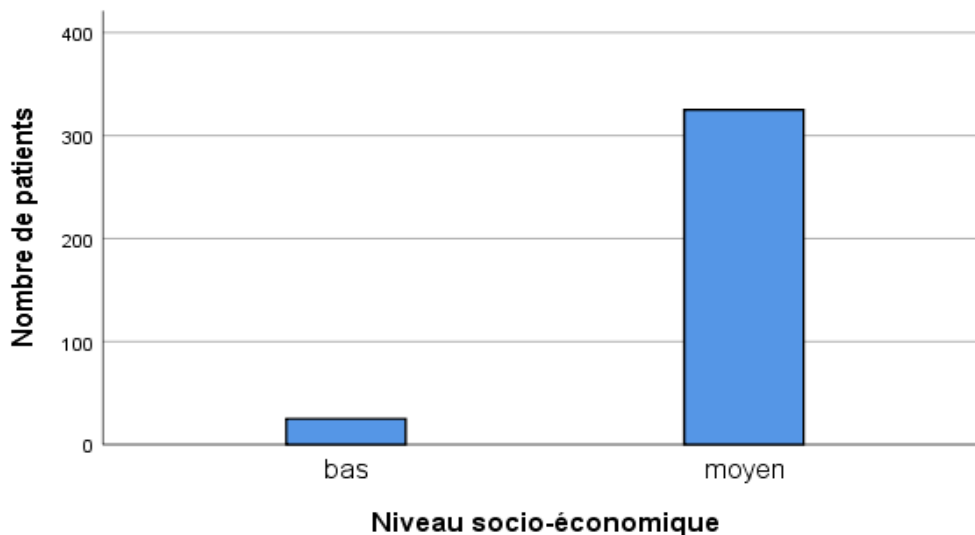


**Figure 3 : Répartition des patients selon le sexe.**

## **3. Niveau socio-économique:**

Trois-cent-vingt-cinq (325) de nos patients sont de niveau socio-économique moyen(selon l'HCP Marocain ; ils disposent par ménage et par mois d'un revenu moyen de 4402

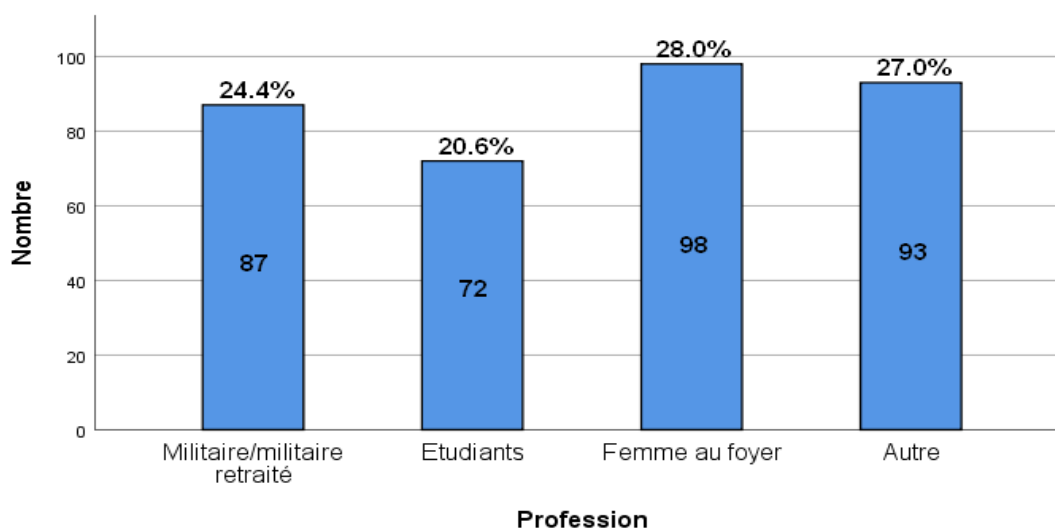
DH en milieu urbain et d'un revenu de 4219 DH en milieu rural)[11] contrevingt-cinq(25) qui sont de niveau socio-économique bas(disposent par ménage et par mois d'un revenu moyen de 2848 DH)[11] . (Figure 3).



**Figure 4 : Répartition des patients selon le niveau socio-économique.**

#### **4. Profession :**

Nos patients occupaient des secteurs différents,la majorité étaient des femmes au foyer pour un pourcentage de 28.0%.



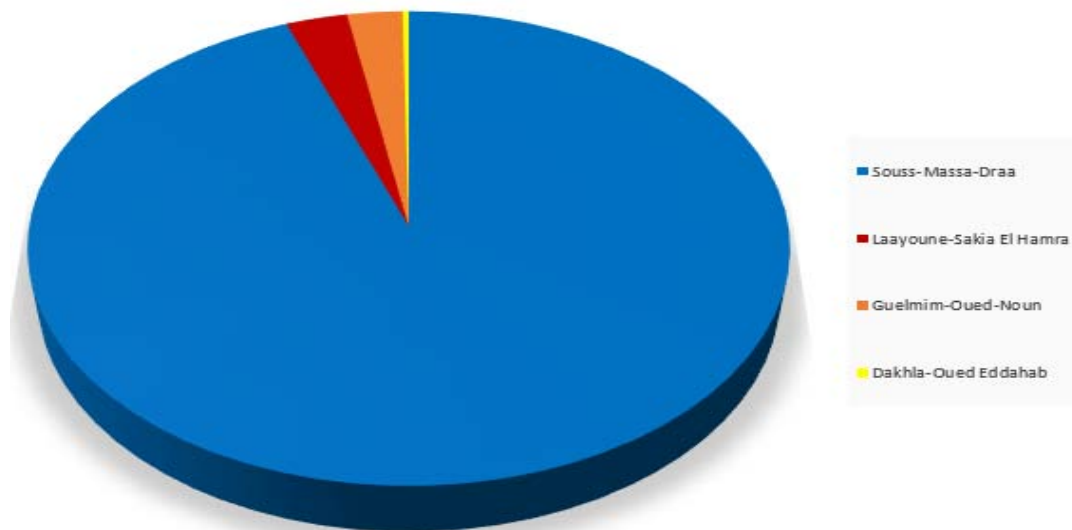
**Figure 5 : Répartition des patients selon la profession**

## 5. Région :

La majorité de nos patients provenait de la région de Souss-Massa-Draa pour un pourcentage de 94.3%, Laayoune-Sakia El Hamra 2.9%, Guelmim-Oued-Noun 2.6% et Dakhla-Oued Eddahab 0.3%. (Tableau III)

**Tableau III : Répartition des patients selon la région**

Région	Nombre	%
Souss-Massa-Draa	330	94.3
Laayoune-Sakia El Hamra	10	2.9
Guelmim-Oued-Noun	9	2.6
Dakhla-Oued Eddahab	1	0.3
<b>Total :</b>	<b>350</b>	<b>100</b>

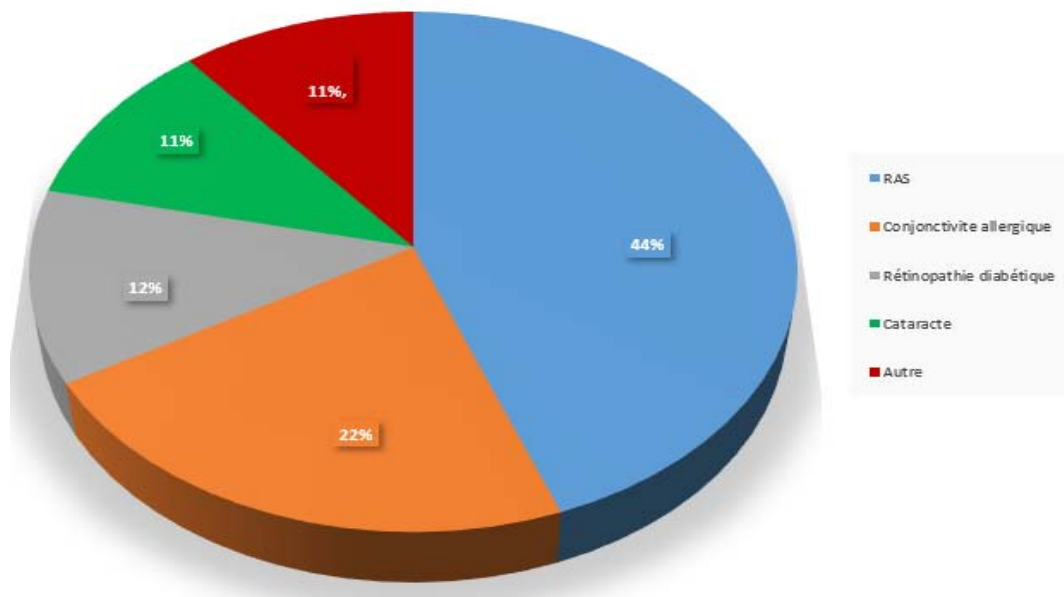


**Figure 6 : Répartition des patients selon la région.**

## **6. Antécédents oculaires :**

- La majorité de nos patients (155 cas) n'avait pas d'antécédents oculaires notable soit 44.3% des cas.
- **La conjonctivite allergique était l'association la plus fréquemment retrouvée**, notée chez 78 des patients soit 22.3% des cas, avec notion de frottement oculaire actif.
- La rétinopathie diabétique était présente chez 42 des patients soit un pourcentage de 12%
- 37 de nos patients avait un antécédent de cataracte soit un pourcentage de 10.6

Le reste (38 cas) soit un pourcentage de 11% avait d'autres antécédents à savoir par ordre de fréquence, la rétinopathie hypertensive (15 cas), les infections oculaires (13 cas) et le ptérygion (10 cas).



**Figure 7 : Répartition des patients selon les antécédents oculaires.**

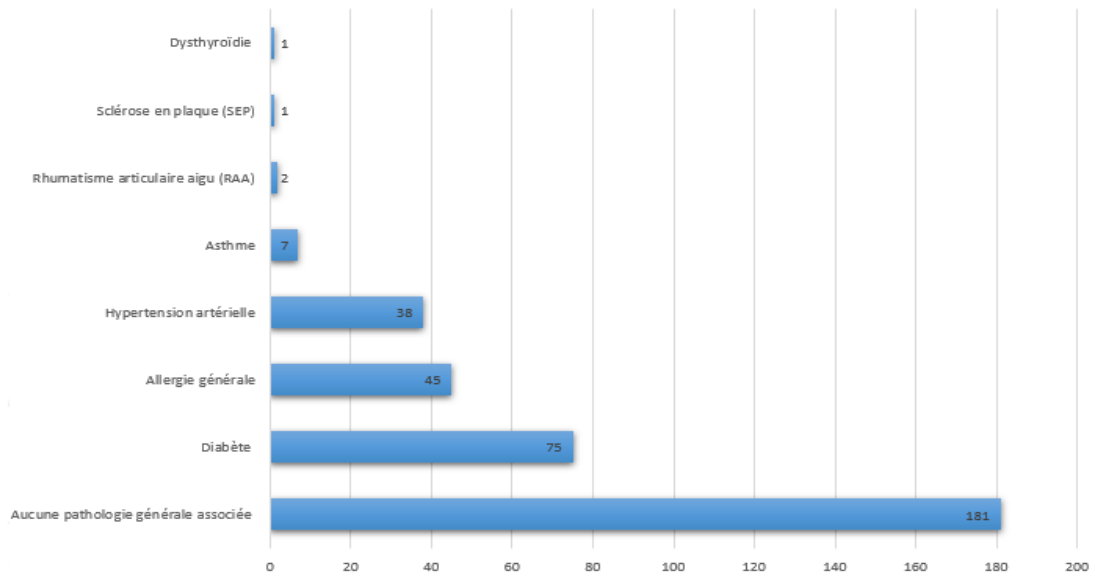
## **7. Les pathologies générales associées :**

181 de nos patients ne présentaient pas de pathologie générale associée tant dit que **169 patients sont suivis pour une maladie générale**, par ordre décroissant nous avons trouvé :

- 75 des patients présentaient un diabète soit 21.4%
- 45 des patients ont une allergie générale soit 12.8%
- 38 patients porteurs d'une hypertension artérielle (HTA), soit 10.8%
- 7 patients présentaient un asthme, soit 2%
- 2 patients présentaient un rhumatisme articulaire aigu (RAA), soit 0.5%
- 1 patient porteur de sclérose en plaque (SEP) soit 0.2%
- 1 patiente présente une dysthyroïdie soit 0.2%

**Tableau IV: Répartition des patients selon les pathologies générales associées**

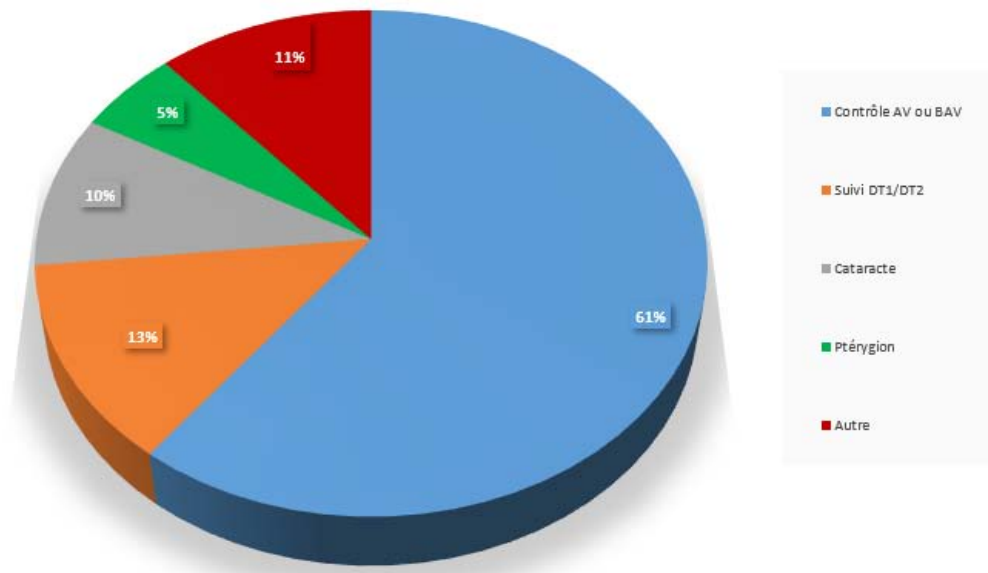
<b>Pathologies générales</b>	<b>Nombre</b>	<b>%</b>
Diabète	75	21.4
Allergie générale	45	12.8
Hypertension artérielle (HTA)	38	10.8
Asthme	7	2
Rhumatisme articulaire aigu (RAA)	2	0.5
Sclérose en plaque (SEP)	1	0.2
Dysthyroïdie	1	0.2
<b>Total</b>	<b>169</b>	<b>47.9</b>



**Figure 8 : Répartition des patients selon les pathologies générales associées.**

## **8. Le motif de consultation :**

La majorité de nos patients (211) ont consultés pour un contrôle ou une baisse de d'acuité visuelle contre 139 patients qui ont consultés pour d'autres motifs. (figure 9)

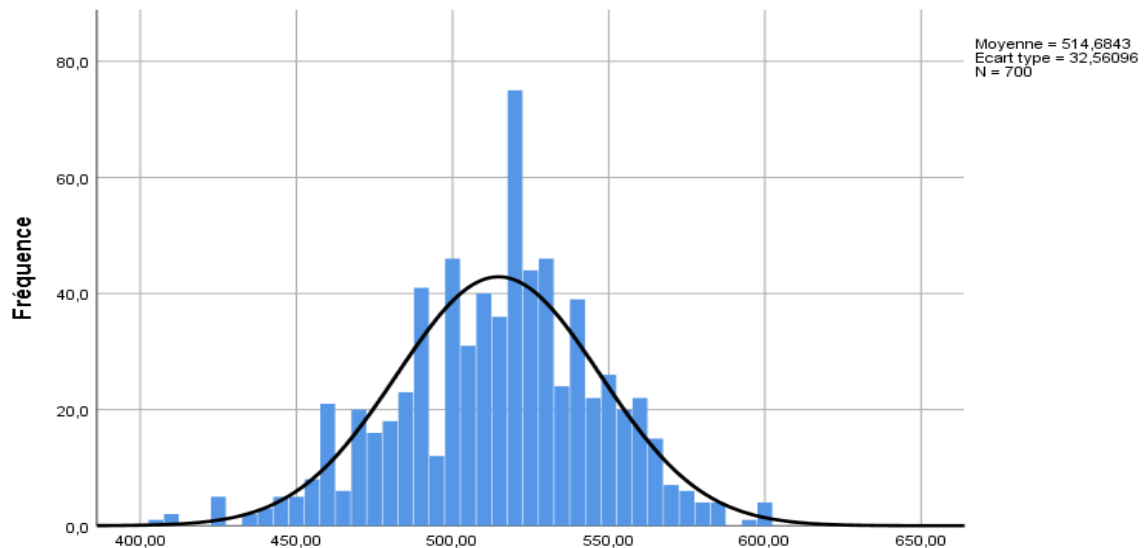


**Figure 9 : Répartition des patients selon le motif de consultation ou de suivi.**

## II. L'épaisseur cornéenne et la pression intraoculaire (PIO) :

### 1. L'épaisseur cornéenne :

Dans notre étude l'ECC moyenne était de  $514.68 \pm 32,56 \mu\text{m}$  avec une plage de 405 à  $598\mu\text{m}$ .



**Figure10 :Histogramme de l'ECC dans les données de notre étude avec superposition de la courbe de distribution normale prédite, montrant l'approximation de la distribution normale.**

**Tableau V: Répartition des yeux selon l'épaisseur cornéenne :**

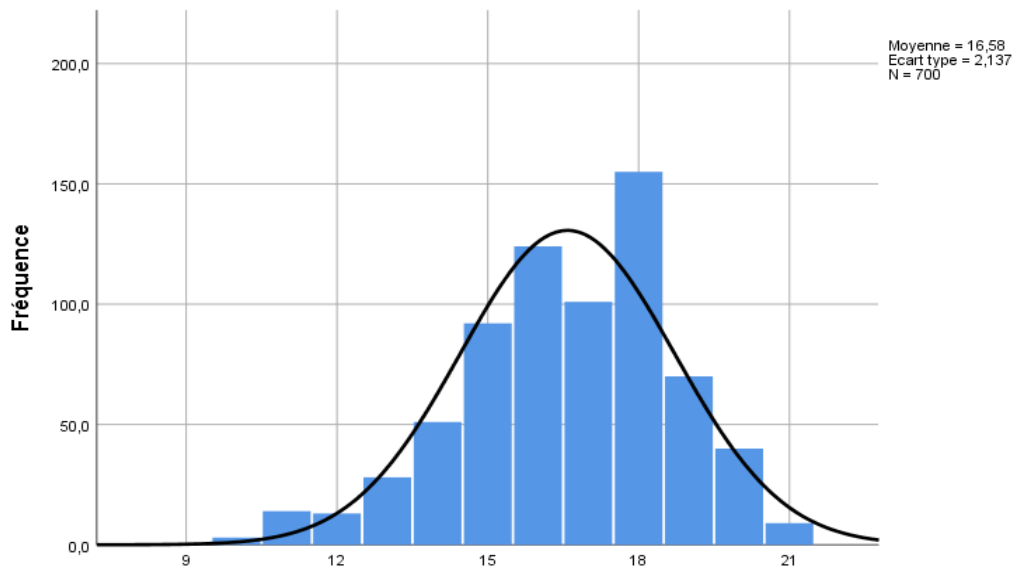
Epaisseur Cornéenne	Œil Droit		Œil Gauche	
	Effectif	%	Effectif	%
< 527 $\mu\text{m}$	246	70.3	209	59.7
527-560 $\mu\text{m}$	89	25.4	105	30
> 560 $\mu\text{m}$	15	4.3	36	10.3
<b>Total</b>	<b>350</b>	<b>100</b>	<b>350</b>	<b>100</b>

Les valeurs de l'ECC allant de 527 à 560  $\mu\text{m}$  sont considérées comme normales. Les cornées dont l'épaisseur centrale était inférieure à 527  $\mu\text{m}$  étaient considérées comme fines et

celles dont l'épaisseur centrale était supérieure à 560  $\mu\text{m}$  étaient considérées comme épaisses[8].

L'épaisseur cornéenne était  $< 527 \mu\text{m}$  dans 70.3% pour l'œil droit et 59.7% pour l'œil gauche

## 2. La pression intraoculaire (PIO) :



**Figure 11:Histogramme montrant la distribution de la PIO .**

Notre étude s'est portée sur des sujets normotones, des valeurs de pressions intraoculaires allant de 10 à 21 mmHg sont considérées comme normales.

La PIO moyenne de notre population était de 16.58 mmHg avec une plage de 10 à 21mmHg.

### III. Résultats analytiques :

#### 1. L'épaisseur cornéenne selon l'âge:

Tableau VI : L'épaisseur de la cornée centrale selon la tranche d'âge.

Tranches d'âge	Epaisseur moyen ( $\mu\text{m}$ )		Moyenne des deux yeux( $\mu\text{m}$ )
	Œil droit	Œil gauche	
< 17 ans	515.4	512.4	513.9
17 à 30 ans	512.5	517	514.7
31 à 60 ans	516.4	513.3	514.8
>60 ans	512	519.6	515.8

Nous avons noté de relation statistiquement significative entre l'épaisseur cornéenne et l'âge. ( $p = 0.039$ ).

#### 2. L'épaisseur cornéenne selon le sexe:

Tableau VII : Répartition du sexe selon l'épaisseur cornéenne.

Genre	Effectif	Epaisseur moyen ( $\mu\text{m}$ )		Moyenne des deux yeux( $\mu\text{m}$ )
		Œil droit	Œil gauche	
Homme	162	515	518.3	516.65
Femme	188	510.9	514.9	512.9

Nous n'avons pas noté de relation statistiquement significative entre l'épaisseur cornéenne et le sexe. [ $p = 0.209$  (OD)  $p = 0.366$  (OG)].

### 3. L'épaisseur cornéenne selon la PIO:

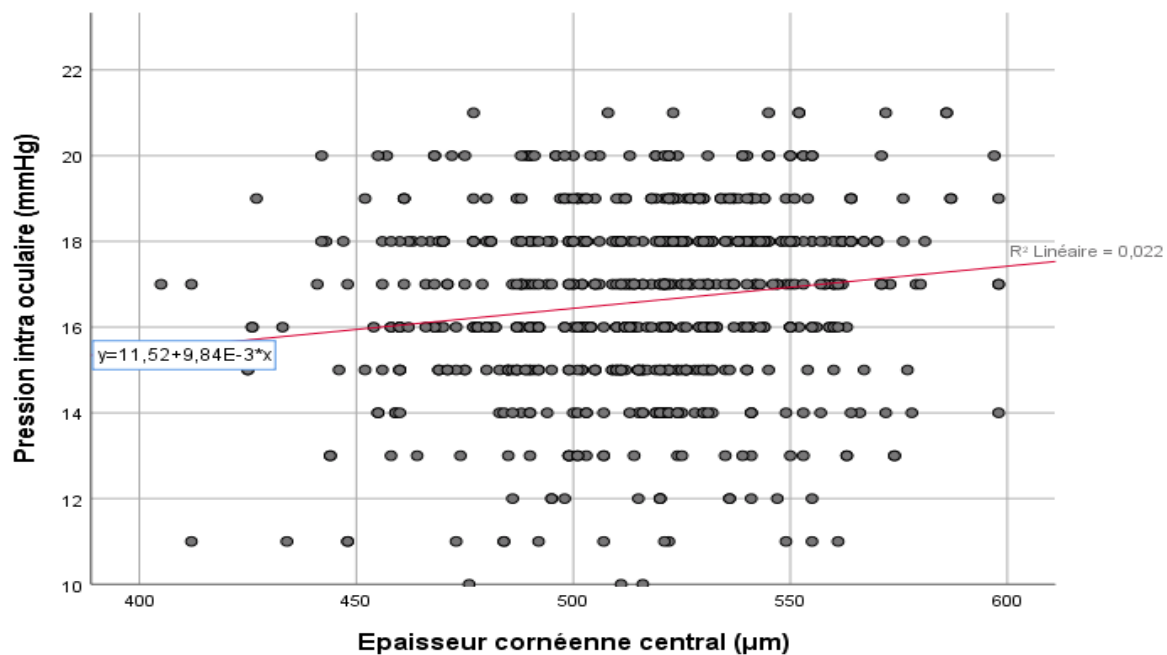


Figure 12 : Dispersion de la pression intraoculaire au Tono/pachymètre selon l'épaisseur cornéenne avec courbe d'ajustement.

Il existe une relation statistiquement significative entre la PIO et l'épaisseur cornéenne ( $p = 0.008$ ).

#### 3.1 La PIO selon l'ECC et le sexe :

Tableau VIII : Répartition de la PIO selon l'ECC et le sexe.

Sexe	PIO (mmHg)	L'épaisseur cornéenne (μm)			Total
		<527	527-560	>560	
Femme	10-15	46	8	1	55
	16-21	83	42	8	133
	<b>Total</b>	129	50	9	188
Homme	10-15	30	17	2	49
	16-21	67	41	5	113
	<b>Total</b>	97	58	7	162

Il existe une relation statistiquement significative entre la PIO, l'épaisseur cornéenne et le sexe féminin ( $p = 0.005$ ).

Nous n'avons pas trouvé une relation statistiquement significative entre la PIO, l'épaisseur cornéenne et le sexe masculin ( $p = 0.819$ ).

**3.2 La PIO selon l'ECC et l'âge :**

**Tableau IX : Répartition de la PIO selon l'ECC et l'âge.**

Tranches d'âge	PIO (mmHg)	L'épaisseur cornéenne ( $\mu\text{m}$ )			Total
		<527	527-560	>560	
>17	10-15	9	4	0	13
	16-21	23	15	1	39
	<b>Total</b>	32	19	1	52
17-30	10-15	16	7	1	24
	16-21	42	18	2	62
	<b>Total</b>	58	25	3	86
31-60	10-15	40	7	1	48
	16-21	58	36	8	102
	<b>Total</b>	98	43	9	105
>60	10-15	11	7	1	19
	16-21	27	14	2	43
	<b>Total</b>	38	21	3	62
<b>Total</b>	10-15	76	25	3	104
	16-21	150	83	13	246
	<b>Total</b>	226	108	16	350

Nous avons trouvé pas une relation statistiquement significative entre la PIO, l'épaisseur cornéenne et l'âge ( $p = 0.090$ )



## *DISCUSSION*



## I. Rappels fondamentaux :

### 1. Anatomie et embryologie de la cornée :

#### 1.1. Embryologie de la cornée :

L'organogénèse de l'œil débute chez le fœtus à la quatrième semaine de vie par la formation de la vésicule optique issue de l'ectoderme.

La vésicule cristalliniennne qui donnera l'épithélium cornéen se détache ensuite de l'ectoderme. L'ectoderme primitif est composé de deux couches cellulaires reposant sur un stroma acellulaire qui est probablement à l'origine de la membrane de Bowman.

A la fin de la sixième semaine, l'épithélium se différencie et les microvillosités apparaissent.

Dans le même temps, une couche mésenchymateuse se glisse entre la vésicule cristalliniennne et l'épithélium en restant en arrière du stroma pour donner l'endothélium qui se dispose en monocouche.

A la huitième semaine apparaît le stroma, d'origine mésodermique, qui vient se glisser entre l'épithélium et l'endothélium.

L'anatomie définitive de la cornée apparaît à la dixième semaine avec formation de la membrane de Descemet et de la membrane basale endothéliale.

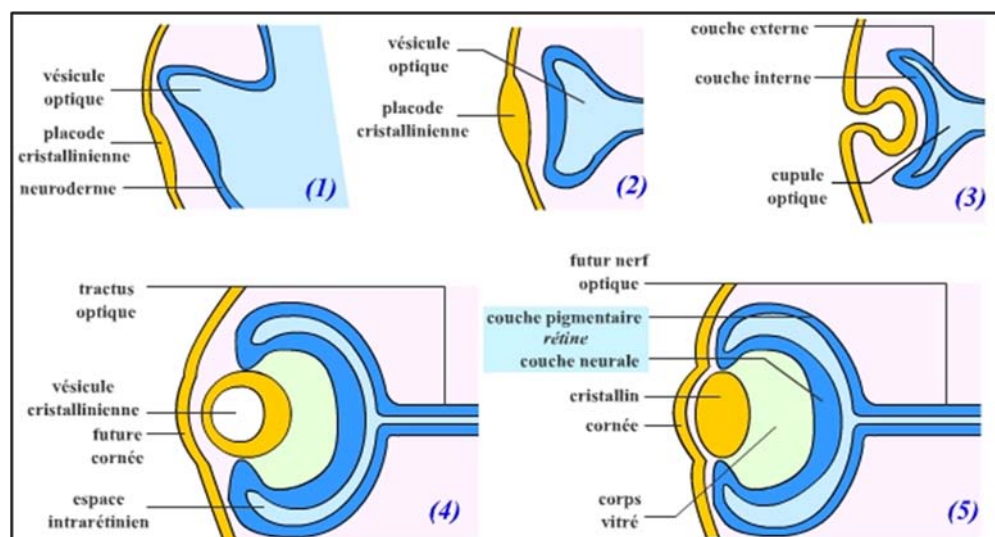
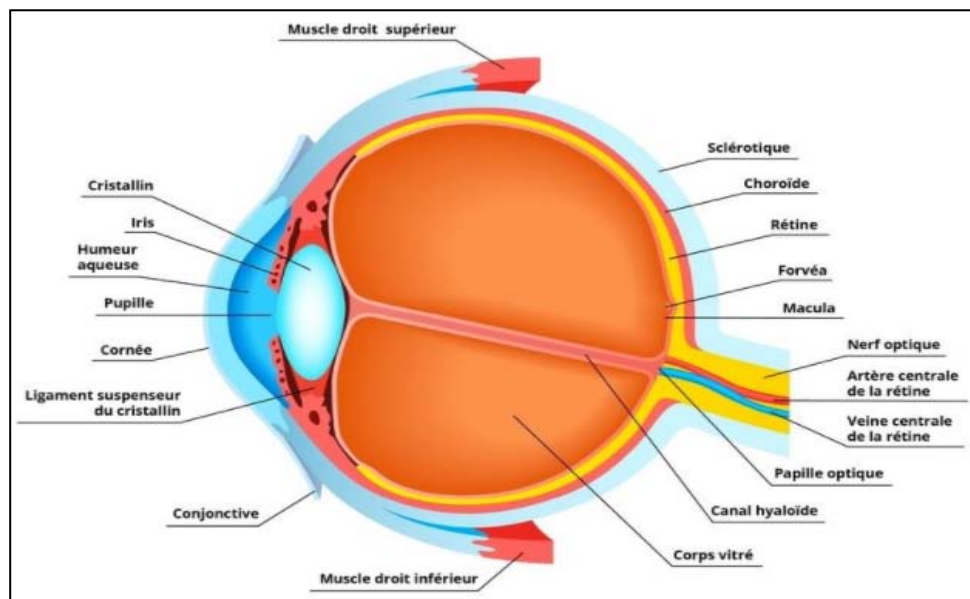


Figure 13: Formation embryonnaire des différents composants de l'œil [122].

**1.2. Généralités et rapports :**

La cornée représente le 1er dioptré du système optique oculaire. Est une structure transparente, avasculaire, formée de plusieurs types cellulaires d'origine embryologique différente. Elle constitue la partie antérieure du globe oculaire, elle est exposée à l'environnement externe par l'intermédiaire du film lacrymal est protégée par les paupières qui la recouvrent partiellement ou totalement [2], l'obtention d'une image nette rétinienne nécessite la transparence absolue et un pouvoir réfractif approprié de la cornée.



**Figure 14 : Coupe horizontale du globe oculaire droit [123].**

- **1- Forme** : La cornée est convexe et irrégulièrement asphérique. Elle apparaît ovoïde, à grand axe horizontal et mesure 11 mm à 12 mm horizontalement et 9 mm à 10 mm verticalement. Son diamètre est variable selon les individus, le sexe et l'âge.
- **2- Rayon de courbure** : varie : 7,8 mm horizontalement, 7,7 mm verticalement à la face antérieure de la cornée, alors qu'au niveau interne, elle est de 6,6 mm en vertical et de 6,2 en horizontal. On le mesure grâce au kératomètre.
- **3- Epaisseur** : l'épaisseur de la cornée augmente du centre (0,52 mm) vers la périphérie pour atteindre 0,7 au limbe. Elle augmente durant le sommeil du fait de

l'hypoxie relative secondaire à l'occlusion palpébrale prolongée. Elle est mesurée par le pachymètre à ultrasons. C'est un bon indicateur indirect de la transparence cornéenne et donc de la fonction de la pompe endothéliale.

- **4- Pouvoir réfractif :** le pouvoir réfractif est environ de 42 dioptries et représente donc à lui seul les 2/3 du pouvoir optique total de l'œil.
- **5- Surface :** elle représente seulement 7% de la surface de la sphère oculaire humaine.
- **Rapports :**

La face antérieure est recouverte par le film lacrymal par son intermédiaire elle est en contact avec la face postérieure des paupières lors de l'occlusion palpébrale.

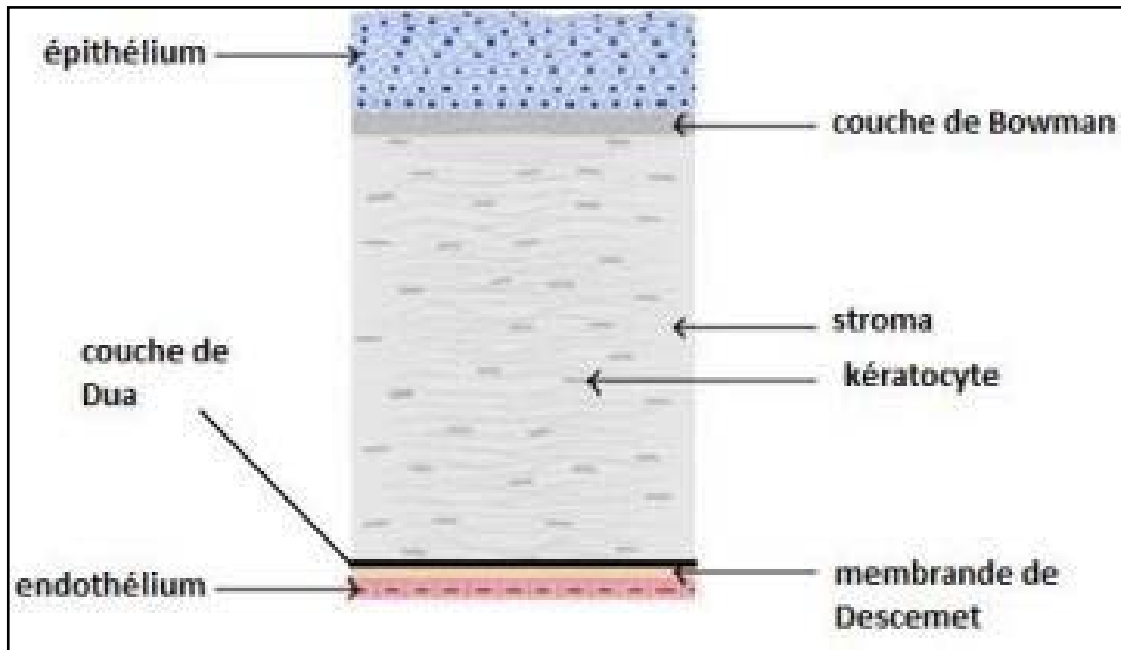
La face postérieure, concave, constitue la limite externe de la chambre antérieure et fait partie de l'angle iridocornéen. Elle est toujours en contact avec l'humeur aqueuse.

La circonférence de la cornée est en rapport avec la conjonctive, la Tenon, l'épiscière et la sclère.

### **1.3. Anatomie microscopique de la cornée:**

Sur le plan histologique la cornée est composée de 5 couches parallèles entre elles, la cornée se compose d'avant en arrière de cinq couches successives :

- L'épithélium associé au film lacrymal.
- La couche de Bowman.
- Le stroma, réparti en ;
  - Stroma superficiel
  - Couche de Dua
- La membrane de Descemet.
- L'endothélium.



**Figure 15: Schéma représentant les 5 couches constituant la cornée[124].**

#### **1.4. Film lacrymal pré cornéen :**

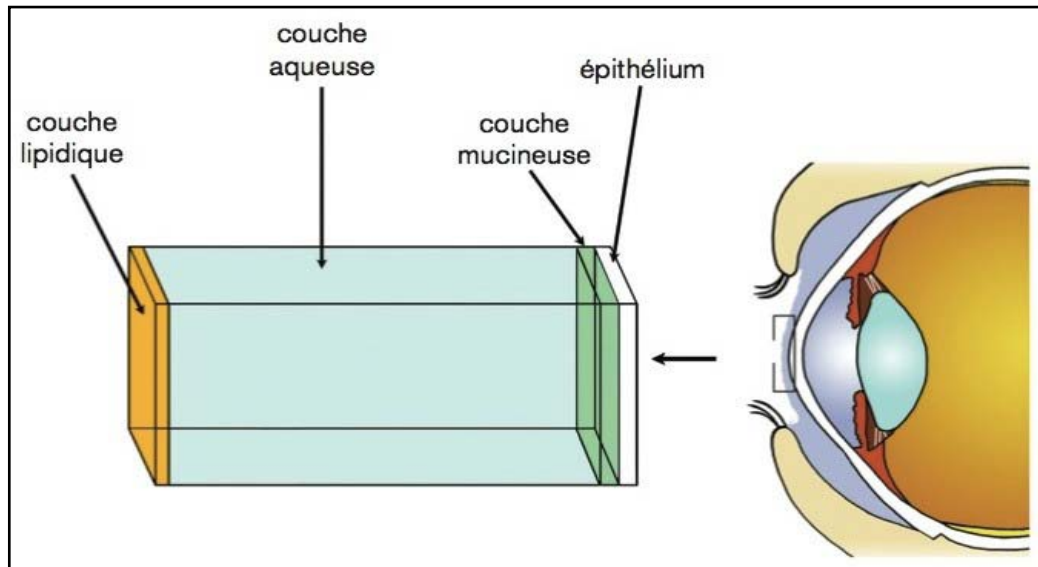
Il est indispensable à l'épithélium par ses fonctions métaboliques et optiques. Protège la cornée de la déshydratation et maintient la régularité de la surface épithéliale. Le film lacrymal participe au pouvoir réfractif de l'œil en formant une première interface traversée par les rayons lumineux : l'interface air/film lacrymal [12]. Il contribue à la défense et à la protection de l'œil grâce à son effet antimicrobien et bactériostatique. Il est composé de trois couches :

- Une couche lipidique, superficielle qui est en contact avec l'air (0,1  $\mu\text{m}$ ). Elle est sécrétée par les glandes de Zeiss et de Mibomius. Elle a pour fonction de limiter l'évaporation des larmes, de favoriser l'étalement du film lacrymal en assurant sa stabilité, de lisser le dioptre cornéen pour une bonne qualité visuelle et pour protéger et lubrifier la cornée ;
- Une couche intermédiaire aqueuse, sécrétée par les glandes lacrymales. C'est la couche la plus épaisse du film lacrymal. Elle est constituée d'eau (98%) de mucines, d'électrolytes, de facteurs de croissance, de protéine anti-inflammatoire et d'immunoglobulines. Elle assure des fonctions de protection et de nutrition de la cornée ;

- Une couche profonde mucineuse, riche en mucus sécrétée par les cellules caliciformes conjonctivales. Elle rend hydrophile la surface oculaire, permet l'adhésion du film lacrymal et participe à sa stabilité

**Tableau X : Origine, composition et rôle du film lacrymal :**

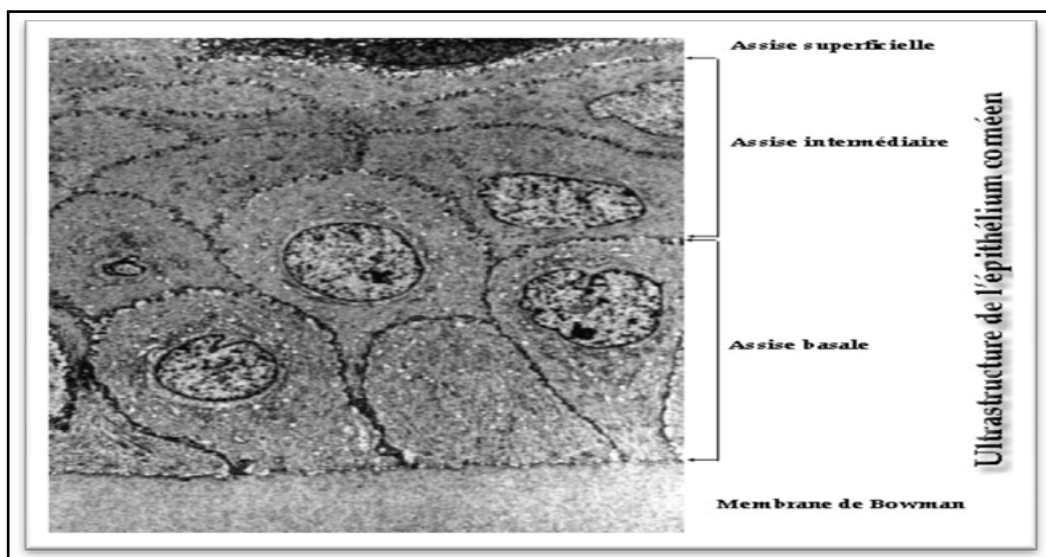
Film lacrymal	Origine	Composition	Fonction
Couche lipidique	Glandes de Meibomius Glandes de Zeiss	Cholestérol	Lubrification Prévention de l'évaporation Stabilisation
Couche aqueuse	Glande de Meibomius Glandes de Zeiss	Eau, électrolytes Protéines Cytokines Facteurs de croissance Glucose et vitamine	Lubrification Antimicrobien Bactériostatique Supplémentassions en oxygène, en nutriments Nettoyage mécanique Régulation des fonctions cellulaires
Couche mucineuse	Cellules caliciformes conjonctivales Cellules épithéliales cornéennes	Sulfomucine Cyalomucine	Diminution de la tension de surface Stabilisation de la couche aqueuse



**Figure 16 : Schéma des différentes couches du film lacrymal[125].**

**a. *Epithélium :***

Son épaisseur est de 30  $\mu\text{m}$  à 50  $\mu\text{m}$ , Représente 10% de l'épaisseur totale de la cornée. C'est un épithélium pavimenteux stratifié non kératinisé, a une structure tissulaire en continuité avec l'épithélium conjonctival. Il est indissociable du film lacrymal. Il est composé de trois assises cellulaires : basale, intermédiaire et superficielle. Les cellules basales reposent sur la membrane basale [13].



**Figure 17 : Ultrastructures de l'épithélium cornéen[126].**

L'assise basale : C'est une assise monostratifiée, faite de larges cellules où les mitoses y sont fréquentes. C'est la couche germinative de l'épithélium. Ces cellules reposent sur une fine membrane basale qui est indissociable de l'épithélium qui la sécrète. Ce sont des cellules cylindriques régulières, font 18  $\mu\text{m}$  de haut pour 10  $\mu\text{m}$  de large et ont un aspect turgescent à pôle apical globuleux à cytoplasme clair chromophile. Leur noyau ovale est perpendiculaire à la membrane basale, il est pauvre en chromatine, très volumineux, marqué d'encoches qui lui donnent un aspect crénelé [14].

Ultrastructure : le cytoplasme est riche en glycogène et en organites cellulaires avec des petites mitochondries irrégulières qui se disposent tout autour du noyau et dans la partie inférieure de la cellule. L'appareil de Golgi, situé au-dessus du noyau est parfois en contact avec le réticulum endoplasmique. Le cytoplasme est riche en filament d'actine, des filaments de kératine.

L'assise intermédiaire : sont des cellules de transition entre les cellules superficielles et basales. Elle comporte 2 ou 3 couches de cellules polyédriques, 5 ou 6 en périphérie cornéenne avec d'importantes jonctions (desmosomes) les reliant entre elles et aux cellules basales. Elles sont polygonales avec une face antérieure convexe et une face postérieure concave, leur noyau est allongé dans le sens de la cellule.

Ultrastructure : Ces cellules contiennent de nombreuses vésicules, un appareil de Golgi très développé, leur cytoplasme est riche en microtubules et en filaments de kératine : les tonofilaments. Ceux-ci sont connectés aux desmosomes.

L'assise superficielle : Elle est constituée de 2 couches de cellules longues et fines, d'autant plus plates qu'elles deviennent plus superficielles. Elles sont caractérisées par la présence de microvillosités en leur surface augmentant la surface d'échange avec le film lacrymal. Les cellules superficielles sont unies entre elles par des complexes jonctionnels, destinés à disparaître pour permettre la desquamation [15].

Ultrastructure : Le cytoplasme comprend trois structures caractéristiques : des protéines

contractiles, des granules de glycogène et un appareil de Golgi très développé avec de grandes vésicules qui fusionnent avec la membrane cytoplasmique pour libérer leur contenu dans l'espace intercellulaire.

A côté de ces cellules épithéliales l'histologie met en évidence des lymphocytes, et en périphérie cornéenne des mélanocytes et des cellules de Langerhans considérées comme des histiocytes.

***b. Membrane de Bowman :***

La membrane de Bowman se situe entre la membrane basale épithéliale et le stroma.

Individualisée chez l'homme, elle mesure de 8 à 14  $\mu\text{m}$  dans la partie centrale de la cornée.

Elle est probablement synthétisée par les cellules basales de l'épithélium et apparaît durant la quatrième semaine de la vie embryonnaire. Par la suite toute rupture de la membrane de Bowman va entraîner la création d'un tissu cicatriciel générant des opacités définitives, les cellules basales n'étant plus capables de la régénérer. Elle est constituée de fibres de collagène réparties au hasard dans de la substance fondamentale; dépourvue de cellules hormis quelques cellules de schwann entourant les terminaisons nerveuses. La substance fondamentale est quant à elle constituée de mucoprotéines de composition chimique semblable à celle du stroma[16]. Les fibres de collagène certainement de type IV, V, VI, VII présente une striation transversale de diamètre 20 à 30  $\mu\text{m}$  et 240 à 270 Angström de long.

***c. Stroma cornéen :***

Le stroma cornéen mesure environ 500  $\mu\text{m}$  d'épaisseur et représente à lui seul les 9/10' de la cornée. Il est composé de lamelles de collagène entre lesquelles se trouvent des fibrocytes cornéens ou kératocytes, et de la substance fondamentale. Il est avasculaire [17-18].

*c.1. Les lamelles de collagène :*

Sont parallèles les unes aux autres, et parallèles à la surface cornéenne, et dans chaque lamelle, les fibrilles constitutives sont toutes parallèles entre elles. Chacune de ces fibrilles représente la résultante de l'assemblage de protofibrilles parallèles entre elles et surtout parfaitement équidistantes, assurant la transparence de la cornée.

*c.2. Les kératocytes :*

Les kératocytes occupent environ 2% à 3% du volume stromal total sont des cellules de type conjonctif, plates, s'étendant parallèlement aux lamelles de collagène avec de multiples expansions rentrant en contact avec celles des kératocytes avoisinants. Leurs propriétés fondamentales sont la biosynthèse des mucopolysaccharides et la biosynthèse du collagène [15.18].

*c.3. Substance fondamentale :*

Elle occupe tout l'espace compris entre les fibres de collagène et les cellules cornéennes. Elle assure la cohésion des fibres de collagène et est responsable de leur espacement strictement ordonné et à ce titre joue un rôle fondamental dans la transparence cornéenne. Elle comporte des mucopolysaccharides et est riche en eau.

*c.4. La couche de Dua :*

Nouvellement découverte en 2013 par le Professeur Harminder Dua, et une équipe de chercheurs de l'Université de Nottingham, située dans le stroma cornéen profond, mesure 15  $\mu$ , une caractéristique notable de cette membrane acellulaire est sa grande solidité. Elle résisterait à une pression de 1,5 à 2 bars.

*d. Membrane de Descemet :*

Membrane basale transparente de l'endothélium cornéen qu'elle sépare du stroma cornéen, la membrane de Descemet est une membrane amorphe, élastique très résistante. Elle mesure environ 10  $\mu$ m, son épaisseur augmente avec l'âge et dans certaines pathologies. Elle est sécrétée par l'endothélium. Elle est peu extensible, elle se colore avec les colorants du collagène

comme le stroma cornéen, elle ne prend pas les colorants du tissu élastique, en revanche, elle est fortement périodicacidshiff (PAS) positive [19–20]. Elle est constituée de fibrilles de collagène de petit diamètre réparties dans une matrice glycoprotéique. Les fibres collagènes du stroma postérieur sont entremêlées avec celles de la Descemet.

- Ultrastructure : On peut la diviser en deux feuillets, l'un antérieur et l'autre postérieur.
  - Le feuillet antérieur correspond à la portion secrétée par les cellules embryonnaires à partir du 4<sup>e</sup> mois de la gestation, il est au contact du stroma, mesure à peu près 3 µm d'épaisseur qui reste fixe tout au long de la vie. Il est constitué majoritairement de collagène de type VIII.
  - Le feuillet postérieur, sous-endothélial, granuleux, est secrété par les cellules endothéliales après la naissance, ce qui explique l'augmentation de son épaisseur avec l'âge. Il est constitué majoritairement de collagène de type IV.

*e. Endothélium cornéen :*

L'endothélium cornéen comporte une monocouche cellulaire formée de cellules plates, hexagonales, régulières. Cette régularité en « nid-d'abeilles » est caractéristique tapissant la face postérieure de la cornée et donc directement au contact de l'humeur aqueuse.. La densité cellulaire normale chez un jeune est de 3 500 cellules/mm<sup>2</sup>. Elle est facile à déterminer grâce à la microscopie spéculaire [14–21]. La richesse cellulaire diminue avec l'âge au profit d'une augmentation du diamètre cellulaire et d'un aplatissement sans possibilité de renouvellement direct par mitose.

En plus des fonctions de synthèse, l'endothélium assure un rôle de barrière en réglant les échanges entre le stroma et l'humeur aqueuse, et un rôle de transport actif indispensable aux propriétés de déturgescence cornéenne support de la transparence cornéenne.

▪ Ultrastructure :

Les cellules se composent d'un volumineux noyau occupant la plus grande partie de la cellule mesurant 5  $\mu\text{m}$  environ, Le noyau comporte de nombreux pores dans la membrane nucléaire. En périphérie et au niveau des corpuscules de Hassale-Henlé, les cellules deviennent plus irrégulières et plus plates et le noyau est déjeté en arrière et fait alors saillie dans la chambre antérieure.

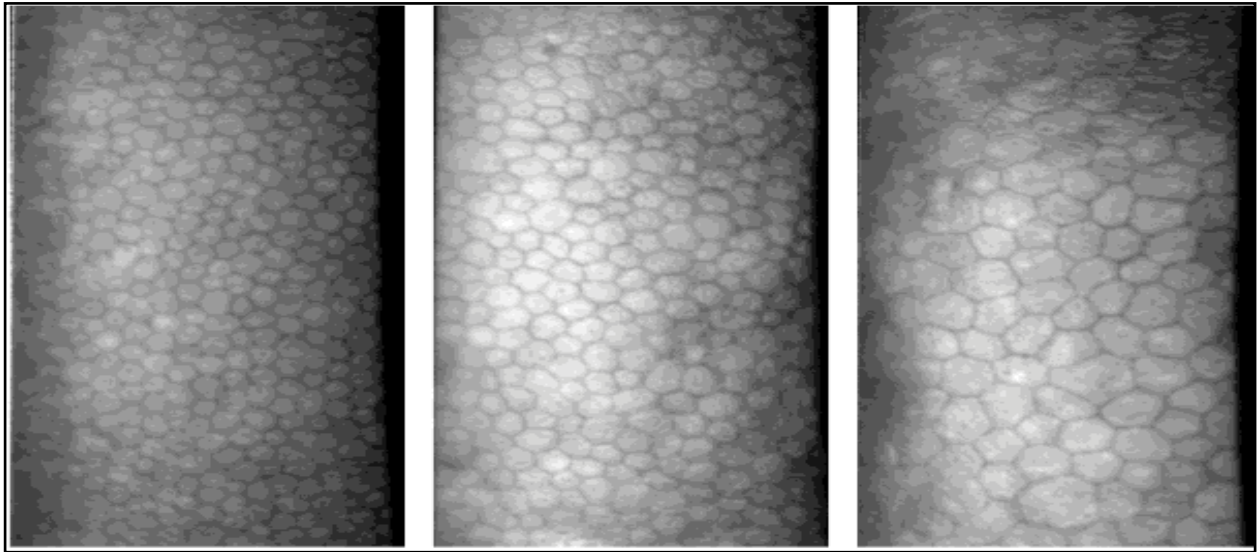
Le cytoplasme occupe la partie apicale de la cellule. il est clair comprend de nombreuses vacuoles et de fins granules, riche en organites cellulaires, un grand nombre de mitochondries, un appareil de Golgi volumineux, la présence d'un réticulum endoplasmique lisse et granuleux ainsi que de nombreux ribosomes.

La membrane plasmique comprend une face basale en rapport avec la membrane de Descemet, une face apicale en rapport avec l'humeur aqueuse et une face latérale où siègent les mécanismes jonctionnels intercellulaires.

**La face basale** est le siège de nombreux phénomènes de pinocytose. Les cellules ont un contour très sinueux pour augmenter leur surface d'échange avec les cellules adjacentes.

**La face apicale** est en contact avec l'humeur aqueuse, elle présente de 20 à 30 microvillosités par cellules qui augmentent la surface de contact avec celle-ci. Il existe des prolongements marginaux intriqués avec les microvillosités qui viennent oblitérer les espaces intercellulaires. Ces cellules présentent des jonctions intercellulaires apicales situées sous les prolongements marginaux, elles créent une barrière discontinue permettant le passage de petites molécules de la chambre antérieure vers les espaces intercellulaires. Ces jonctions sont en rapport avec la structure filamenteuse du « terminal web ». Enfin, elles présentent des structures ciliées qui s'associent aux éléments précédents.

**La face latérale** est le lieu de résidence de la majorité des jonctions intercellulaires (zonulaeoccludens ou tightjunction et maculaeoccludens ou gap junction).



**Figure 18 : Aspects ultra-microscopiques de l'endothélium cornéen[127].**

*f. Limbe scléro-cornéen :*

Le limbe scléro-cornéen constitue la zone de transition entre la périphérie cornéenne transparente et la sclère opaque. Le limbe scléro-cornéen joue un rôle fondamental au niveau de la nutrition et du métabolisme de la cornée périphérique grâce à la richesse de sa vascularisation. Les membranes de Bowman et de Descemet disparaissent à son niveau.

Il a la forme d'un anneau elliptique à grand axe horizontal avec une tranche de section sagittale qui est quadrangulaire et des côtés répondant aux faces interne, externe et aux bords antérieur et postérieur du limbe [22].

La face antérieure est recouverte par l'épithélium conjonctival qui se continue en avant par l'épithélium cornéen.

La face interne est limitée par l'éperon scléral en arrière et la ligne de Schwalbe en avant. Elle possède les éléments du système excrétoire de l'humeur aqueuse, le trabéculum et le canal de Schlemm.

Le bord postérieur répond à la ligne perpendiculaire à la surface du globe qui passe par l'éperon scléral.

Le bord antérieur du limbe marque la séparation entre la cornée et la sclérotique.

Pour les chirurgiens, le limbe représente la zone d'incision de la chirurgie de la cataracte et du glaucome. Ce limbe chirurgical est représenté par la limite antérieure de l'espace décollable entre la sclère et la conjonctive alors que le limbe anatomique est délimité par la réunion de la terminaison de la membrane de Descemet et la couche de Bowman en avant et l'éperon scléral en arrière. Le limbe chirurgical se situe en arrière (environ 0,5 mm) de la limite antérieure du limbe anatomique.

**1.5. Innervation de la cornée :**

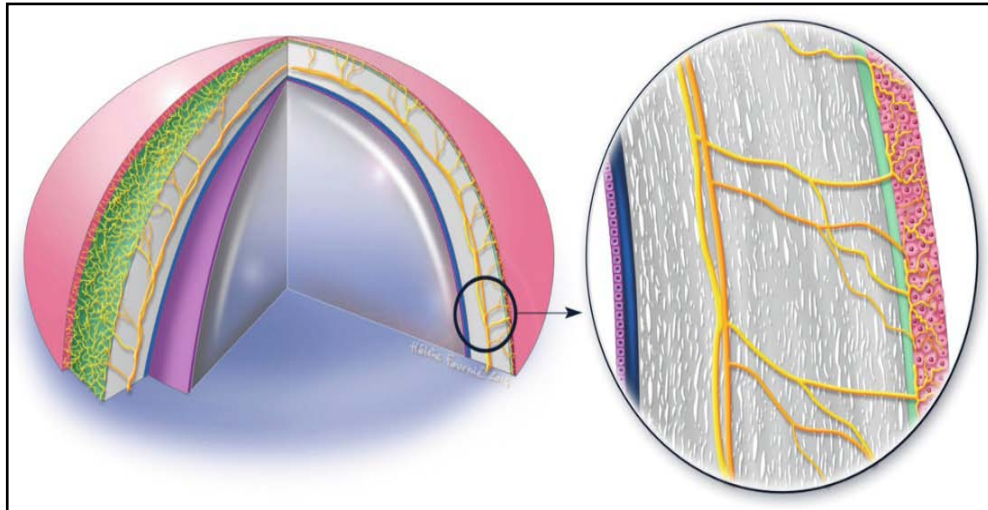
*a. Sensitive :*

La cornée est très richement innervée représente un des tissus les plus sensibles de l'organisme, elle reçoit une innervation sensitive à partir des branches des nerfs ciliaires longs et courts, qui pénètrent la cornée au niveau du stroma pour constituer un plexus sous-épithélial envoyant des branches entre les cellules épithéliales.

Cette sensibilité est douloureuse uniquement ; il n'existe aucune sensibilité thermique Elle entraîne le réflexe cornéo-palpébrale et les réflexes à distance (déglutition, mandibulaire, respiration et oculo-cardiaque)

*b. Sympathique:*

Elle a pour origine le ganglion cervical supérieur homolatéral. Les fibres s'intègrent au nerf nasociliaire et aux nerfs ciliaires courts et longs. Les axones sont le plus souvent non myélinisés. Les neurotransmetteurs sont l'acétylcholine (au niveau de la synapse ganglionnaire), ainsi que la sérotonine pour certains d'entre eux. La cicatrisation épithéliale est inhibée par la stimulation sympathique.



**Figure 19 : L'innervation de la cornée[128].**

## **2. Physiologie de la cornée :**

### **2.1. Propriété biochimique :**

La cornée est caractérisée par son fort hydrophile dont le maintien à un taux constant assure la transparence cornéenne.

#### **a. Eau :**

Elle représente 75 à 80% du poids total du stroma ; ces mouvements dépendent des forces mécaniques ou osmotiques. Elle est très importante car toute modification de l'hydratation retentit sur la transparence de la cornée.

#### **b. Protéines :**

Il en existe plusieurs types :

**Protéines solubles** : représentent environ 20% du poids sec du stroma. Il s'agit de l'albumine, la sidérophiline, les globulines et du collagène soluble.

**Glycoprotéines** : le collagène représente l'élément essentiel du stroma cornéen dont il représente entre 70 et 75% du poids sec. Il est synthétisé par le kératocyte et il a une structure fibrillaire. Les fibrilles se regroupent pour former des lamelles de collagène disposées parallèlement les unes aux autres et parallèlement à la surface cornéenne. On en trouve entre 200 et 250 empilés, leur nombre va en croissant du centre vers la périphérie.

*c. Protéoglycanes:*

Ou mucopolysaccharides représentent environ 1% du poids sec du stroma. 65% sont des kératanes-sulfate, le reste constitué de chondroïtine-sulfate. Leur rôle est de remplir l'espace entre les cellules et le collagène de façon à maintenir l'organisation régulière des fibrilles ; et intervenir dans les mécanismes d'hydratation de la cornée. En effet, elles sont responsables de la pression d'imbibition qui provoque l'entrée d'eau dans le stroma.

*d. Enzymes :*

Outre les systèmes enzymatiques nécessaires à la vie de la cellule, l'épithélium est riche en acétylcholine et en enzymes catalysant sa production ; l'acétylcholine interviendrait dans la sensibilité cornéenne, comme médiateur au niveau de l'innervation cornéenne.

*e. Ions:*

Le stroma est surtout riche en sodium alors que l'épithélium est riche en potassium. Les bicarbonates représentent entre 25 et 35 mEq/kg H<sub>2</sub>O.

*f. Glucose :*

L'épithélium est plus riche en glucose et en glycogène. Celui-ci provient des larmes et surtout de l'humeur aqueuse.

**2.2. Propriété physique et physico-chimique de la cornée :**

*a. Rôle mécanique :*

La cornée joue avec la sclérotique un rôle essentiel dans le maintien de l'armature du globe oculaire. Elle intervient ainsi dans la résistance de l'œil à la pression intraoculaire et contre les agressions externes.

*b. Fonction optique :*

La cornée a pour fonction essentielle la réfraction et la transmission de la lumière. On distingue habituellement 2 zones dans la cornée :

- Une zone centrale, légèrement décalée en bas et en dedans, d'un diamètre de 4 mm environ, ayant l'aspect d'une calotte sphérique régulière. C'est au niveau de cette zone que les propriétés optiques sont les meilleures ;

- Une zone périphérique, qui montre un aplatissement beaucoup plus abrupt en nasal.

*c. Propriétés optiques :*

- Transmission de la lumière : la cornée transmet les longueurs d'onde comprises entre 300 et 2500 nm. Cette transmission est nulle au-dessous de 300 nm.
- Diffusion : une cornée humaine desséchée transmet 88,5% de la lumière incidente, la perte est principalement due à un phénomène de diffusion. Ce phénomène est faible dans une cornée normale.
- Réflexion : La qualité de la réflexion est surtout liée à la régularité de la surface épithéliale et à la présence d'un film lacrymal normal.
- Réfraction : la cornée se comporte comme une lentille convergente. Sa puissance est de 47 dioptries pour la face antérieure et de -5 dioptries pour la face postérieure, ce qui donne une puissance totale de 42 dioptries. L'indice de réfraction du stroma est de 1,377. La transparence des structures cornéennes s'explique par la régularité des cellules, le parallélisme des fibres de collagène, l'absence de vaisseaux et un état d'hydratation stable (épaisseur stable). Selon la théorie de Maurice [23].

*d. Transparence cornéenne :*

Caractéristique importante de la cornée indispensable au bon fonctionnement optique de l'œil. Ses facteurs sont multiples :

Structure du collagène : l'architecture particulière du collagène (fibrilles, fibres et lamelles) est l'un des facteurs les plus importants de transparence, de même que la taille des fibrilles qui est inférieure à la longueur d'onde de la lumière.

Rôle des protéoglycanes : elles contribuent à maintenir un espace fixe entre les fibrilles de collagène, par leurs propriétés chimiques et électrostatiques.

Absence de vascularisation : elle serait due à la compacité du stroma qui empêche la progression des vaisseaux dans la cornée normale.

Pauvreté en cellules du stroma : le nombre et l'aspect des kératocytes réduit l'interférence avec la lumière qui traverse la cornée.

### **2.3. Nutrition de la cornée :**

La cornée est avasculaire, elle reçoit son apport nutritif du limbe, des larmes et de l'humeur aqueuse.

La vascularisation limbique assure la nutrition de la périphérie de la cornée.

Les échanges se font avec les larmes à travers les cellules épithéliales qui réalisent une barrière imperméable aux substances hydrosolubles, perméable aux substances liposolubles.

La voie trans-endothéliale assure le passage des éléments à partir de l'humeur aqueuse selon un mode passif n'utilisant pas d'énergie ou selon un mode actif qui lutte contre le gradient osmotique et utilisant de l'énergie. Ce mode actif est surtout utilisé pour apporter le glucose à la cornée (6).

### **2.4. Phénomènes de cicatrisation cornéenne :**

Les mécanismes de cicatrisation de l'endothélium cornéen sont particuliers.

L'endothélium humain est quasiment incapable de se multiplier par mitose. Ainsi, après destruction de cellules endothéliales, le recouvrement indispensable de la membrane de Descemet ne peut se faire que par extension des cellules voisines. Les cellules lésées desquament dans la chambre antérieure.

Les cellules voisines intactes émettent des pseudopodes, rompent leurs jonctions intercellulaires et migrent vers la zone pathologique (vitesse de migration : 0,5 à 1 mm par jour). Lorsque les cellules se rencontrent au niveau de la zone dépourvue d'endothélium, l'inhibition de contact induit un arrêt de leur migration.

Les jonctions intercellulaires se reforment et la barrière endothéliale se reconstitue. La récupération de la fonction de pompe est plus longue et demande plusieurs jours à plusieurs mois suivant l'importance du traumatisme initial.

Les cellules recouvrent leur morphologie hexagonale en 2 à 3 mois.

En cas de rupture de la membrane de Descemet, les cellules endothéliales sécrètent une nouvelle membrane basale sans résorber la membrane de Descemet lésée. Elles peuvent subir une métaplasie fibroblastique transitoire pendant cette phase de réparation[24], puis reprendre secondairement une morphologie endothéliale.

### **3. Exploration de la cornée :**

#### **3.1. Exploration clinique :**

##### **a. Biomicroscope :**

En 1916, l'association par Henker d'un système d'éclairage réglable par la lampe de Gullstrand (1911) et d'un ophtalmomicroscope de Czapski (1897) créait la lampe microscope utilisée de nos jours. La lampe à fente est constituée par la réunion de deux éléments fondateurs :

- Le biomicroscope, qui est un microscope binoculaire permettant différents grossissements allant jusqu'à  $\times 40$ , voire  $\times 80$  ;
- La source lumineuse, dont la fente peut être réglée en taille (en largeur et aussi en hauteur) ; des filtres associés sont principalement utilisés avec les colorants.

L'examen à la lampe à fente de la cornée doit se faire selon deux modes d'éclairage : direct et indirect [25–28].

Le mode direct utilise un faisceau lumineux qui illumine directement la surface examinée. Dans un premier temps, il doit être diffus sur l'ensemble de la cornée, puis au contraire focalisé plus précisément sur une largeur tissulaire limitée. À l'opposé, l'éclairage indirect projette le faisceau lumineux, soit sur une seconde surface (iris ou cristallin), réfléchissant alors la lumière sur la zone examinée, soit sur une zone adjacente, la lumière diffusant alors par le tissu jusqu'à la région examinée.

❖ **Diffus :**

C'est le premier temps de l'examen de la cornée. Il permet une première appréciation de sa transparence et détecte les anomalies majeures affectant sa topographie. Un balayage latéral de la source lumineuse autour de la surface oculaire est utile pour souligner parfois certaines opacités. C'est un temps de débrouillage clinique, qui doit se poursuivre par l'analyse plus fine des autres modes d'examen.

❖ **Localisé :**

Avec un faisceau large, il permet un examen dynamique en faisant varier de 1 à 11 mm la bande cornéenne observée.

Avec un faisceau fin, on obtient une coupe optique qui permet de préciser dans quelle couche cornéenne se situent d'éventuelles lésions et de mettre en évidence des modifications de l'épaisseur cornéenne.

Après instillation de fluorescéine, le film lacrymal est mis en évidence comme un fin liseré vert à la surface de la cornée.

La membrane de Bowman réfléchit la lumière, le stroma est transparent avec une densité en kératocytes plus importante dans le stroma antérieur que dans le stroma postérieur. Les structures les plus postérieures sont la membrane de Descemet et l'endothélium.

C'est en réflexion spéculaire que l'examen de l'endothélium est rendu possible. Celle-ci est rendue possible lorsque l'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence, c'est-à-dire lorsque la source lumineuse et le biomicroscope réalisent un angle de 40-45°. A fort grossissement, on peut même observer les cellules endothéliales.

❖ **Par la sclère :**

Un faisceau lumineux de forte intensité et de taille modérée est dirigé à la jonction cornéosclérale. La lumière diffuse dans tout le stroma et se réfléchit au niveau du limbe où elle se visualise sous la forme d'un anneau lumineux. La cornée normale n'est pas éclairée. En revanche, toute anomalie source de diffraction de la lumière est visible.

❖ **Rétro-illumination**

Par l'iris : elle peut être soit directe, soit indirecte pour objectiver des anomalies plus discrètes de la cornée.

Par la rétine : au travers de la pupille dilatée, elle met en évidence les anomalies de transparence cornéenne.

*b. Les colorants vitaux :*

L'utilisation des colorants vitaux vient enrichir l'examen biomicroscopique et met en évidence des altérations cellulaires à la surface oculaire et évalue la qualité du film lacrymal. Un colorant vital se définit par sa capacité à distinguer une cellule endommagée ou morte d'une cellule intègre.

*b.1. Fluorescéine :*

Elle met en évidence les pertes cellulaires épithéliales et permet l'étude du film lacrymal par le break-up time, en utilisant le filtre bleu. La fluorescéine ne colore pas les cellules saines ni le mucus. Elle reste uniquement extracellulaire et une imprégnation survient lorsque les jonctions intercellulaires sont rompues. Ce colorant n'a pas de toxicité intrinsèque et son marquage n'est pas modulé par la qualité du film lacrymal sus-jacent.

Ce colorant permet de réaliser le test de Seidel pour objectiver une fuite d'humeur aqueuse au niveau de la cornée ou de la conjonctive le plus souvent.

*b.2. Rose bengale :*

Le rose bengale n'est pas un colorant vital, mais en fait un marqueur à effet potentiellement toxique sur les cellules saines dont l'imprégnation in vivo est le reflet de la non-intégrité de la couche de mucus.

La coloration au rose bengale constitue donc un test d'appréciation de l'intégrité du film lacrymal.

Il est préférable de réaliser une instillation d'un anesthésique de contact avant le rose bengale du fait du caractère douloureux de son instillation (qui doit être de 5 µL).

***b.3. Vert de Lissamine :***

Il colore uniquement les cellules mortes et sa coloration n'est pas modifiée par la couche de mucus. Son instillation est indolore.

**3.2. Imageries de la cornée :**

***a. La pachymétrie :***

L'épaisseur cornéenne est le reflet de l'intégrité fonctionnelle des cellules endothéliales. Il existe des variations physiologiques de l'épaisseur cornéenne d'un patient à l'autre mais l'épaisseur moyenne de la cornée centrale est de 520  $\mu\text{m}$ . L'épaisseur cornéenne augmente en périphérie. Le pachymètre peut être soit à ultrasons, soit optique avec un pachymètre couplé à la lampe à fente [29].

***b. Microscopie spéculaire [30] :***

La microscopie spéculaire (de speculum = miroir) permet l'examen de la surface endothéliale par l'observation de la lumière qu'elle réfléchit à la manière d'un miroir. La microscopie spéculaire s'est imposée depuis deux décennies comme la technique d'exploration de l'endothélium cornéen. Elle permet l'analyse qualitative et quantitative de ce dernier. Elle est réalisée par deux techniques : avec ou sans contact cornéen.

Les techniques sans contact cornéen sont faites à l'aide de la biomicroscopie à la lampe à fente ou des microscopes spéculaires.

Les techniques avec contacts sont également la biomicroscopie au moyen d'une lentille d'examen mise en contact avec la cornée avec interposition d'un produit visqueux, et les microscopes spéculaires en mode contact. La densité endothéliale peut alors être estimée et surveillée au fil du temps. Les cellules endothéliales sont de forme polygonale et leur densité est classiquement de 3 500 cellules par  $\text{mm}^2$  chez un adulte jeune. Ce paramètre endothélial est important à contrôler pour évaluer les conséquences de traumatismes chirurgicaux (implantation de chambre antérieure, greffe de cornée) ou surveiller les dystrophies endothéliales.

*c. Microscopie confocale in vivo :*

La microscopie confocale est une technique d'imagerie informatisée qui combine la haute résolution de la microscopie électronique à la capacité d'étude in vivo de la microscopie optique. Dans un microscope confocal, la configuration optique est telle que le condenseur, qui permet la focalisation de la lumière incidente par un trou sténopéique, et l'objectif (dispositif de détection qui permet la focalisation de la lumière réfléchi par un système optique) ont tous deux, par construction, le même point focal, qui doit être aussi petit que possible afin d'augmenter les performances optiques du système (disposition confocale).

Un microscope confocal destiné à l'exploration clinique ophtalmologique comporte une source lumineuse, qu'elle soit cohérente (laser Argon) ou non cohérente (halogène, mercure, sodium), un système de microscopie avec un dispositif optique confocal et une station d'imagerie numérique informatisée. Ce système ainsi composé permet une étude en temps réel et in vivo. L'acquisition d'images tridimensionnelles est possible, et ceci sans préparation, sans dénaturation du spécimen étudié et en toute sécurité pour le patient.

*d. La tomographie en cohérence optique OCT :*

La tomographie par cohérence optique (ou Optical Coherence Tomography, OCT) est une technique d'imagerie non invasive et sans contact, utilisant la réfraction de rayons lasers et permettant de visualiser des structures anatomiques en coupe, avec une précision de l'ordre de 5 à 10  $\mu\text{m}$ , proche de celle de l'histologie.

Elle permet aussi de réaliser une cartographie de la cornée en termes d'épaisseur, de densité pour diagnostiquer des maladies cornéennes ou encore évaluer la rigidité post laser de la cornée.

Cette technologie permet aussi d'évaluer le degré d'ouverture ou de fermeture de l'angle iridocornéen où se draine l'humeur aqueuse (iris plateau, angle fermé, angle ouvert) avant d'effectuer une séance laser en prévention de la survenue d'un glaucome par fermeture de l'angle.

Les caractéristiques biométriques de la chambre antérieure (distance angle à angle, profondeur de la chambre antérieure) sont aisées à calculer en OCT avant la pose d'implants myopiques par exemple.

*e. Les autres méthodes d'examen :*

*e.1. Le kératoesthésiomètre [31-32].:*

Il permet de mesurer la sensibilité cornéenne.

*e.2. La topographie cornéenne :*

Elle repose sur la vidéokératoscopie. Elle permet de mesurer et d'analyser la forme de la cornée. L'analyse de la cornée apparaît sous la forme d'une carte colorée où les couleurs froides correspondent aux zones plates de faible puissance et les couleurs chaudes aux zones de haute puissance. Elle permet d'étudier les astigmatismes, de dépister les kératocônes frustes, d'étudier les modifications cornéennes induites après chirurgie de la cataracte et de gérer l'astigmatisme induit après kératoplastie transfixiante.

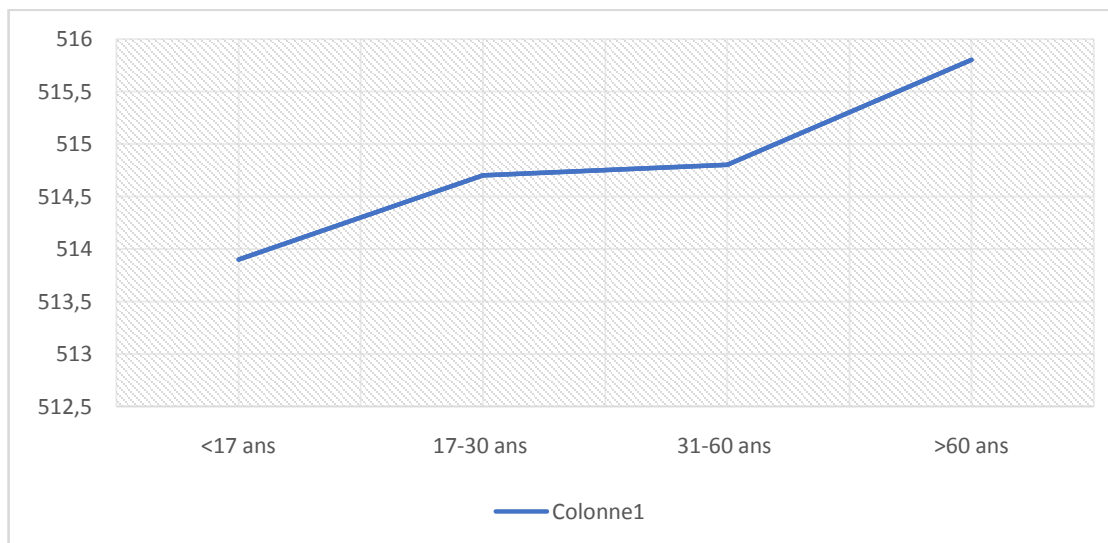
## **IV. Discussion des résultats**

### **1. Données épidémiologiques :**

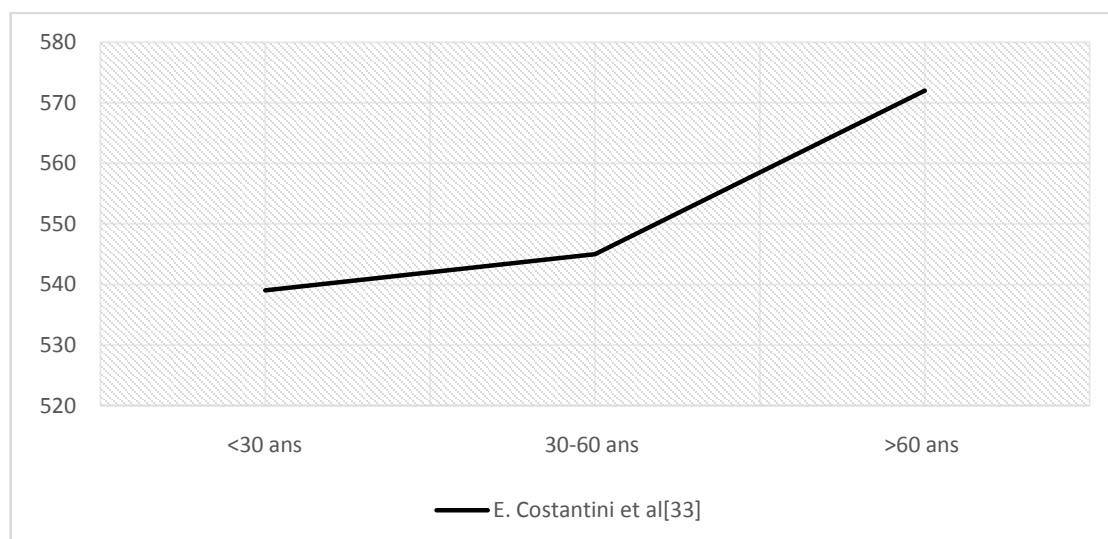
#### **1.1. L'âge :**

L'âge de nos patients variait entre 14 ans à 85 ans, avec **une prédominance de la tranche d'âge 31 à 60 ans** soit un pourcentage de 42.8%.

**Nous avons noté une relation statistiquement significative entre l'épaisseur cornéenne et l'âge** ( $p = 0.039$ ) Son augmentation moyenne est de  $0.9 \mu\text{m}$  par tranche d'âge (< 17 ans :  $513.9 \mu\text{m}$  ; 17-30 ans :  $514.7 \mu\text{m}$  ; 31-60 ans :  $514.8 \mu\text{m}$  ; >60 :  $515.8$ ) (Figure20), ce qui semble être en phase avec l'étude Costantini *et al* [33], menée en France sur un nombre de 500 yeux normaux qui montre une corrélation significative entre l'épaisseur centrale et l'âge, Son augmentation moyenne est de  $6,2 \mu\text{m}$  par décennie (< 30 ans :  $539 \mu\text{m}$  ; 30-60 ans :  $545 \mu\text{m}$  ; >60 ans :  $572 \mu\text{m}$  ;  $p < 0,001$ ) (Figure21).

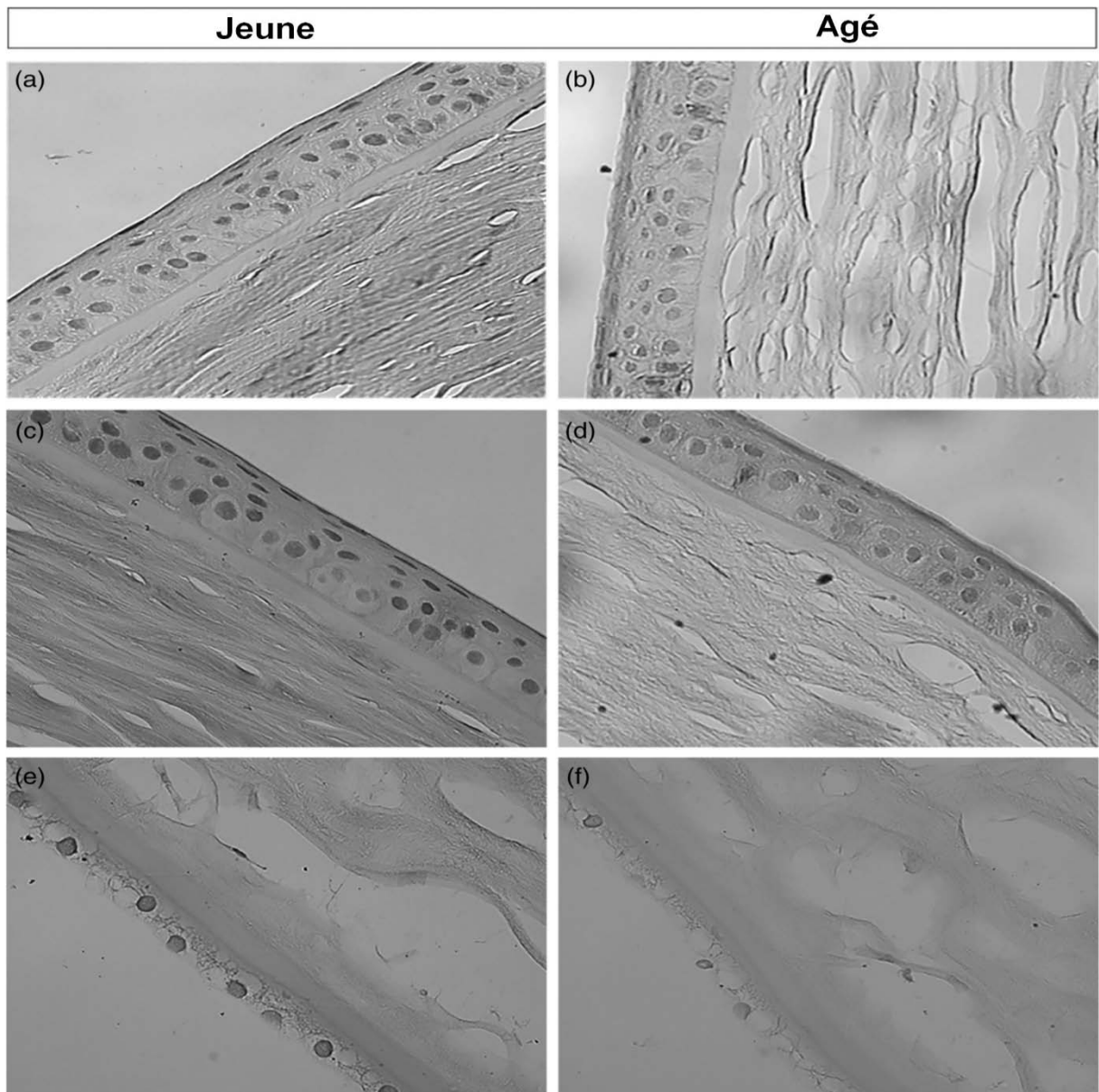


**Figure20 : L'influence de l'âge sur l'épaisseur cornéenne selon notre étude.**



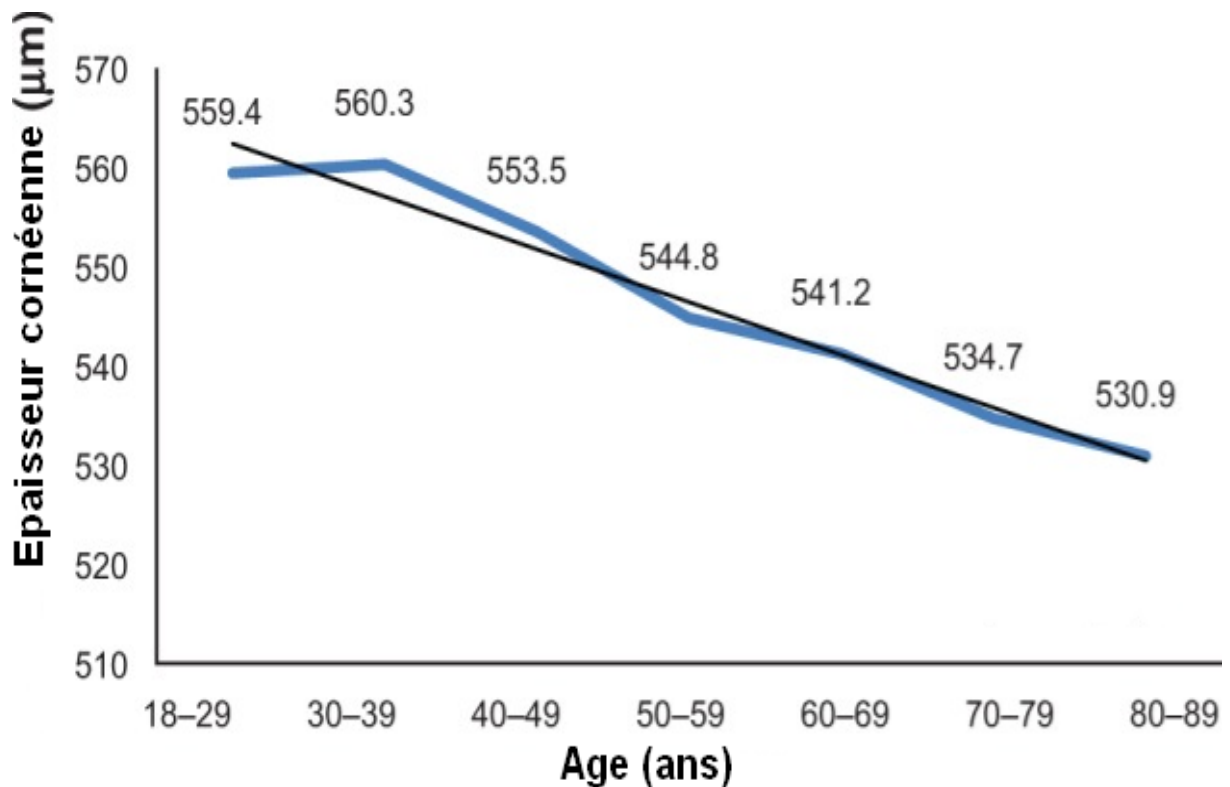
**Figure 21: L'influence de l'âge sur épaisseur coréenne dans l'étude de Costantini et al[33].**

Les modifications de l'épaisseur cornéenne en fonction de l'âge sont expliquées par les phénomènes de vieillissement comme c'est décrit par une étude anglaise [34], qui montre que des changements considérables ont lieu dans la structure de la cornée chez les sujets plus âgés par rapport aux jeunes. Ces altérations pertinentes de la cornée qui surviennent avec l'âge comprennent l'épaississement des couches épithéliale et endothéliale, avec une diminution du nombre de kératocytes a été trouvée(figure 22), ce qui permet à la cornée d'augmenter en épaisseur.



**Figure 22: Modifications liées à l'âge dans les couches cornéennes : Microscopie optique. (a) et (c) Les figures montrent la couche épithéliale de la cornée humaine chez un sujet jeune. On peut observer un pavage contigu et compact de cellules épithéliales normales ( $\times 40$ ). (b) et (d) Les figures montrent la couche épithéliale de la cornée humaine chez un sujet âgé ( $\times 40$ ). (e) La figure montre la couche endothéliale de la cornée humaine chez un sujet jeune ( $\times 40$ ). (f) La figure montre la couche endothéliale de la cornée humaine chez un sujet âgé. On peut observer que les cellules endothéliales sont discontinues et partiellement gonflées ( $\times 40$ ) [34].**

D'autres études de la littérature [35,36] montre le contraire comme une étude de S.Galgauskas *et al* [35] faite sur des yeux normaux d'une population d'adultes lituaniennes (1,650 cas) montre que l'ECC diminue au cours de la vie, ce qui signifie que les personnes âgées ont des cornées plus fines. La dépendance de l'ECC à l'âge est plus forte chez les hommes selon cette étude.



**Figure 23: l'influence d'âge sur épaisseur coréenne dans l'étude de S.Galgauskas[35].**

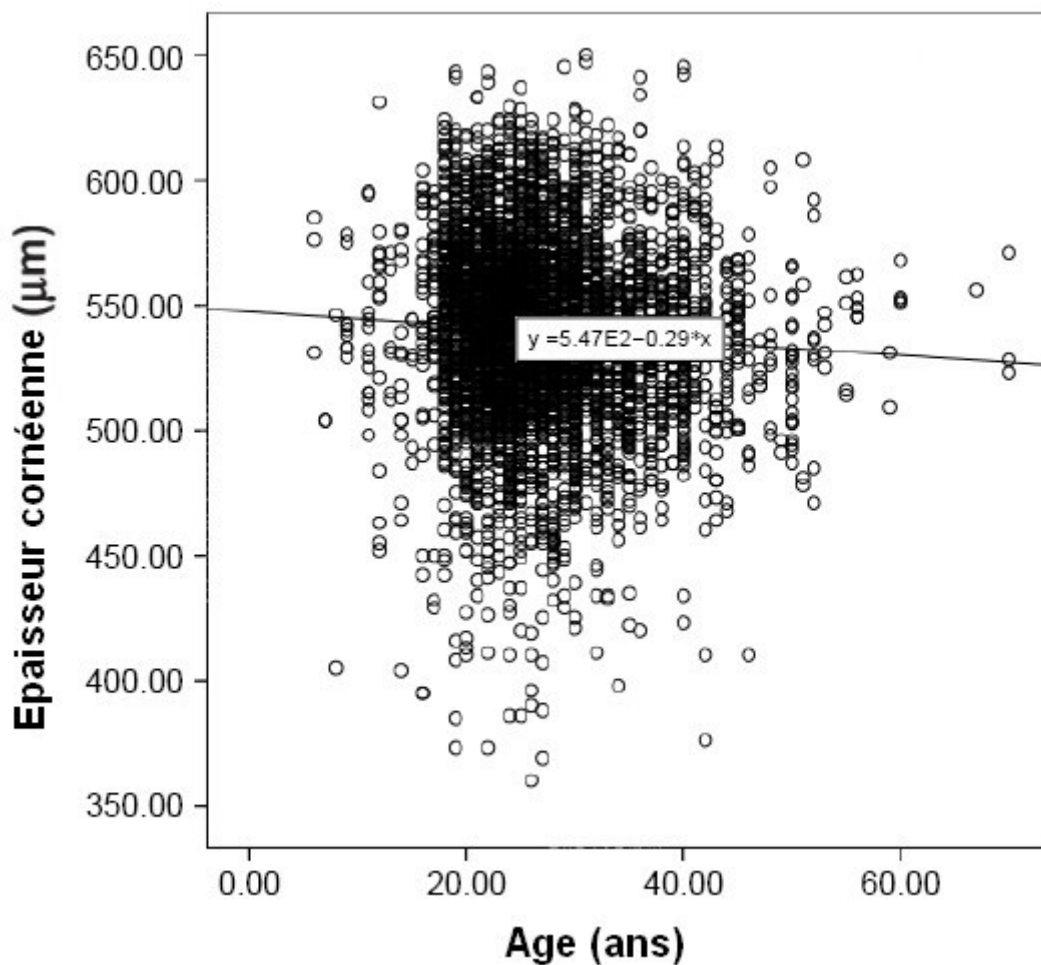


Figure24 : l'influence d'âge sur épaisseur cornéenne selon l'étude de N.Hashmani[36].

1.2. Le sexe :

Avec un ratio de 1.16, la majorité de nos patients sont de sexe féminin (188 patientes) soit un pourcentage de 53.7%, contre 46.3% de sexe masculin (162 patients).

Tableau XI : Répartition des yeux selon le sexe.

Sexe	Nombre de yeux	Médiane	EI	Minimale	Maximale
Male	324	521	39	425	598
Femelle	376	516	45	405	598

Dans notre étude, nous n'avons pas de noté de relation statistiquement significative entre l'épaisseur cornéenne et le genre [ $p = 0.209$  (OD)  $p = 0.366$  (OG)] avec un ECC médian de 521 $\mu\text{m}$  chez le sexe masculin et 516 $\mu\text{m}$  chez le sexe féminin.

D'autres séries d'études[37,38] rejointes notre résultat comme celle menée à Karachi [37] qui n'a pas trouvé de relation significative entre l'ECC et le sexe, Inversement, d'autres études japonaises, africaines et chinoises, ont constatées que les hommes avaient des ECC plus épaisses. [36,39–41].

L'ECC avait une variation diurne d'épaisseur [42] De plus, l'ECC chez les femmes a été lié à des variables supplémentaires telles que comme l'utilisation de la pilule contraceptive orale [43] et le cycle menstruel [44]. Certains facteurs pourraient peut-être expliquer l'écart entre nos données et celles de la communauté mondiale, car nous n'en avons pas tenu compte.

### **1.3. Niveau socio-économique :**

Presque la totalité de nos patients sont de niveau socio-économique moyen (325cas) contre une minorité de niveau bas (25cas).

Notre étude n'a pas trouvé de corrélation entre l'épaisseur de la cornée et le niveau socio-économique, avec l'absence de données de littérature, on peut dire que ce dernier n'affecte pas l'épaisseur cornéenne.

### **1.4. Les pathologies associées :**

154 de nos patients ne présentaient pas de pathologies générales ni d'antécédents particuliers qui seront des témoins dans notre étude.

On va étudier les principales affection oculaires et générales par ordre croissant pour déterminer leur relation avec l'épaisseur de la cornée centrale

#### **a. La conjonctivite allergique**

La conjonctivite allergique est une plainte fréquente, affectant environ 25% de la population mondiale [45,46]. Une cause commune de l'augmentation récente des cas de CA n'a

pas été identifiée, et on pense que plusieurs facteurs, notamment la pollution de l'air, les animaux domestiques, la prédisposition génétique et l'exposition aux allergènes dans la petite enfance, peuvent être impliqués [47].

Les affections incluses sous le terme CA varient dans leur présentation clinique et leur physiopathologie, et les symptômes varient en sévérité d'une légère irritation à des complications menaçant la vue [45,46].

La conjonctivite allergique était l'association la plus fréquemment retrouvée dans notre étude, elle était notée chez 78 des patients soit 22.3% des cas.

**Tableau XII : Répartition des yeux selon la conjonctivite allergique.**

	Nombre de yeux	Médiane	EI	Minimale	Maximale
Yeux avec CA	156	521	40.75	412	586
Yeux normaux	308	514	42.50	405	598

On n'a pas trouvé de relation statistiquement significative entre la conjonctivite allergique et l'épaisseur cornéenne ( $p = 0.888$ ) ce qui semble être en phase avec l'étude de Wang *et al*[48] portée sur un total de 50 patients, dont 20 yeux sans CA et 30 yeux avec CA ont été inclus dans cette étude.

Tous les patients ont subi un examen oculaire complet, comprenant des évaluations des manifestations cliniques de l'CA, les résultats ne montrés pas de différence significative observée dans l'ECC entre les deux groupes ( $p > 0,05$ ).

Une autre étude faite en Turquie par Osman Ondas *et al*[49] montre des résultats différent, son groupe d'étude était composé de 60 yeux de 30 patients atteints de kérato-conjonctivite allergique et un groupe témoin était composé de 60 yeux de 30 patients en bonne santé, les résultats ont révélés que l'ECC moyenne chez les patients atteints de kérato-conjonctivite allergique( KCA) était significativement inférieur à celui des yeux normaux ( $p < 0,001$ ).

La différence des résultats est peut-être dû à la sévérité et le degré de l'atteinte, la KCA est une forme particulièrement grave de la CA et peut entraîner une perte de vision. La physiopathologie reste mal élucidée; des métalloprotéinases matricielles (MMP) ont été impliquées en tant que facteur dans les lésions du tissu cornéen. Ces enzymes de dégradation fonctionnent normalement dans le renouvellement épithélial ; des niveaux élevés de MMP dus à un traumatisme épithélial cornéen chronique entraînent une dégradation excessive de la matrice extracellulaire et une destruction du tissu cornéen.

***b. Le diabète :***

Les complications oculaires du diabète occupent une place particulière par l'impact socioprofessionnel et le handicap majeur qu'elles entraînent annonçant des complications générales pouvant mettre en jeu le pronostic vital et visuel.

Toutes les structures anatomiques de l'œil peuvent être touchées, mais la gravité de l'atteinte oculaire est liée essentiellement à la rétinopathie diabétique ainsi qu'à ses complications.

Dans notre étude 75 des patients présentaient un diabète soit un pourcentage de 21.4%, 42 d'entre eux, ont une rétinopathie diabétique dont la sévérité de l'atteinte n'est pas prise en compte par notre étude.

**Tableau XIII : Répartition des yeux selon le diabète.**

	<b>Nombre de yeux</b>	<b>Médiane</b>	<b>EI</b>	<b>Minimale</b>	<b>Maximale</b>
<b>Yeux diabétiques</b>	150	517.5	45.25	412	587
<b>Yeux normaux</b>	308	514	42.50	405	598

On a pas trouvé de relation statistiquement significative entre le l'état d'hyperglycémie chronique et l'épaisseur cornéenne avec un  $p$  : 0.763, ce qui rejoint l'étude de Nanouk G M Wiemer *et al*[50] portée sur 102 patients atteints de diabète type 1,101 patients atteints de diabète type 2 et 69 sujets sains; a montré que l'épaisseur cornéenne, le rayon antérieur et

l'asphéricité, et la puissance cornéenne globale ne différaient pas significativement entre les groupes. De plus, aucun des facteurs systémiques ou de comorbidité oculaire n'a eu d'influence sur l'épaisseur ou la forme de la cornée.

Cependant d'autres études de la littérature [51-53] montre le contraire comme une étude qui a trouvé que les personnes atteintes de diabète avaient des cornées centrales plus épaisses que ceux des témoins en bonne santé. [51] Les sujets qui souffraient de diabète pendant plus de 10 ans avait également des cornées centrales plus épaisses que celles des personnes atteintes de diabète pendant 10 ans. Une autre étude a révélé que les personnes atteintes de diabète avaient des cornées centrales plus épaisses que celles qui n'étaient pas diabétiques, mais il n'y avait pas relation entre la durée du diabète et l'ECC [54] cependant ces deux études portées sur des petits échantillons. Une autre étude menée par Daniel. *Het a*[55] en Singapour sur un nombre de patients plus important 3280 cas âgés de 40 à 80 ans dont 748 cas était des diabétique, les cornées centrales étaient significativement plus épaisses chez les personnes atteintes de diabète que chez les personnes non diabétiques l'ECC moyenne était positivement lié à l'augmentation des taux de glucose sérique et Hb A1C. Cette association était essentiellement similaire chez les hommes et femmes.

L'effet de l'état hyperglycémique et l'ECC n'est pas bien élucidée, mais on peut spéculer plusieurs mécanismes. L'hyperglycémie peut provoquer un dysfonctionnement de l'endothélium cornéen avec une hydratation stromale et un gonflement de la cornée qui en résultent.

En effet, les anomalies de la morphologie endothéliale cornéenne comme le polymorphisme, le polymégathéisme, la diminution du pourcentage de cellules hexagonales, un coefficient de variation plus élevé, et une augmentation de l'ECC ont été détectées au microscope spéculaire chez les personnes atteintes de diabète [56,57]. Les diabétiques plus âgés ont également démontré une diminution significative de la densité cellulaire dans le quatrième et cinquième décennie par rapport aux témoins appariés selon l'âge [57].

Probablement les variations de nos résultats et avec celles de la littérature sont dues à plusieurs facteurs à savoir, la durée d'évolution du diabète, son équilibre, sa sévérité, les taux glycémiques, la présence ou non de la RD... ; Nous n'avons pas pris ces paramètres en considération dans notre étude.

***c. Hypertension artérielle :***

L'hypertension artérielle est fréquente dans la population et représente un facteur de risque cardiovasculaire majeur de morbidité et de mortalité. La rétinopathie hypertensive est considérée comme l'atteinte la plus fréquente.

38 de nos patients sont connus hypertendus soit un pourcentage de 10.8%, 15 cas d'entre eux ont déjà une rétinopathie hypertensive

**Tableau XIV : Répartition des yeux selon l'HTA.**

	Nombre de yeux	Médiane	EI	Minimale	Maximale
<b>Sujets hypertendus</b>	76	519.5	47.75	434	590
<b>Sujets normaux</b>	308	514	42.50	405	598

Notre étude n'a pas trouvé de relation statistiquement significative entre l'épaisseur cornéenne central et l'hypertension artérielle ( $p:0.990$ ) ce qui semble en phase avec l'étude de Sedaghat.Met al [58] qui n'a pas objectiver une relation étroite entre ces deux paramètres ( $p>0.05$ ).

L'absence d'autres données de la littérature dans ce sujet rende les comparaisons insuffisantes.

***d. Cataracte :***

Dans notre étude 37 de nos patients avaient comme antécédant la cataracte sur laquelle ont étaient opérées sur des périodes qui diffères allant de 6mois à 7 ans (la technique chirurgicale n'est pas précisée par notre étude), Tout patient opéré pendant une période inférieure cette dernière est exclue.

Nous avons comparé 50 yeux avec ATCD de cataracte à des cas témoins sains sans ATCD particuliers.

**Tableau XV: Répartition des yeux selon la cataracte.**

	Nombre de yeux	Médiane	EI	Minimale	Maximale
<b>Sujets cataractes</b>	50	522	31	412	586
<b>Sujets normaux</b>	308	514	42.50	405	598

Il n'y a pas de relation statistiquement significative retrouvée par notre étude ( $p : 0.274$ ), la chirurgie cataracte n'a pas influencé l'épaisseur cornéenne centrale de nos patients ces résultats rejoignent certaines données de la littérature [59–62].

Ces études montrent en commun que Tous les patients présentaient un gonflement cornéen postopératoire+ important le lendemain de la chirurgie ; les valeurs préopératoires se restaurent au fur et à mesure de temps pour atteindre des valeurs proches aux valeurs précédant la chirurgie, même si des pertes significatives de cellules endothéliales étaient survenues dans certains cas [59].

Aucune corrélation n'existait entre l'épaisseur cornéenne centrale et l'antécédant chirurgical de cataracte à la limite de notre étude et aux résultats de la littérature.

#### **1.5. L'épaisseur cornéenne et l'origine ethnique :**

Il existe plusieurs études portant sur l'héritabilité de l'ECC. La première à signaler et la plus ancienne est celle publiée par Alsbirk[63] en 1978. Mené sur 86 familles esquimaux du Groenland, l'étude a trouvé des estimations d'héritabilité de 0,6–0,7 pour l'ECC et a conclu qu'il existe une influence génétique majeure sur l'épaisseur cornéenne.

Les facteurs environnementaux tels que la profession et le lieu de résidence ont été proposés pour expliquer une partie de la variation restante.

30 ans plus tard, Toh *et al*[64] ont publié le résultat d'une étude d'héritabilité de l'ECC menée sur jumeaux monozygotes et dizygotes d'Australie et le Royaume-Uni. Un total de 256

des paires de jumeaux a été étudiées et l'héritabilité de l'ECCa été calculé à 0,95. Les auteurs ont suggéré que des facteurs environnementaux uniques, y compris erreur de mesure, a contribué aux variations restantes. Une autre étude, cette fois menée sur 449 jumeaux monozygotes et dizygotes en Chine, ont trouvé des estimations d'héritabilité pour l'ECC chez les hommes à 0,88 et les femmes à 0,91[65]. Plus récemment, une étude portant sur 33 familles en Australie a trouvé une estimation de l'héritabilité parent-enfant qui était de 0,68[66] ce qui confirme l'existence d'une forte influence génétique.

La similitude des résultats de l'étude des jumeaux, qui ont été menées sur des populations ethniquement différentes, suggère que l'ECC est l'un des traits les plus hautement héréditaires identifiés, tels que les empreintes digitales. [67–69]

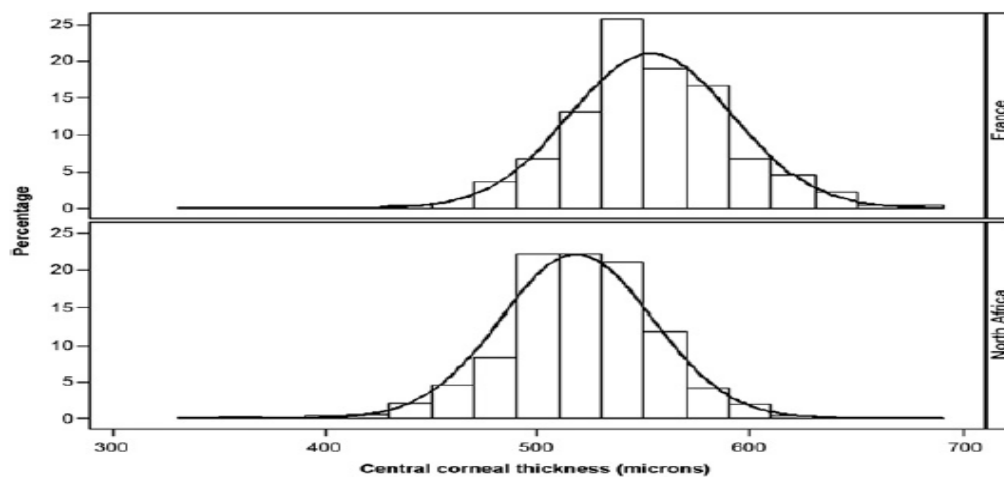
La connaissance de la différence ethnique de l'ECC est utile et peut affecter la prévalence et la gravité de certains troubles cornéens. Les groupes ethniques asiatiques par exemple ont quatre fois plus d'incidence de kératocône et ces patients se présentent à un plus jeune âge et progressent plus rapidement que la race blanche. [70] Par conséquent, les options de traitement du kératocône peuvent être personnalisées en fonction de l'origine ethnique de l'individu. Également, il a été rapporté que les groupes de population d'origine africaine avaient des cornées plus fines que les Blancs, la PIO peut être par conséquent sous-estimée cela risque de passer à côté d'une hypertension oculaire. L'ECC s'est avérée être le facteur le plus prédictif de la progression du glaucome, indépendant de la pression intraoculaire (PIO). [71] Les valeurs de PIO ajustées à la pachymétrie jouent un rôle important dans la prise en charge du glaucome. [72]

Un nombre considérable de recherches a été engagé à étudier les valeurs moyennes de l'ECC de diverses communautés ethniques et populations du monde entier. Bien que la comparaison directe entre les études présente des limites en raison de contraintes de variations méthodologiques, il existe des preuves claires de l'influence ethnique sur l'ECC. Une multitude de facteurs peuvent influencer la comparaison entre nos résultats et les différents résultats

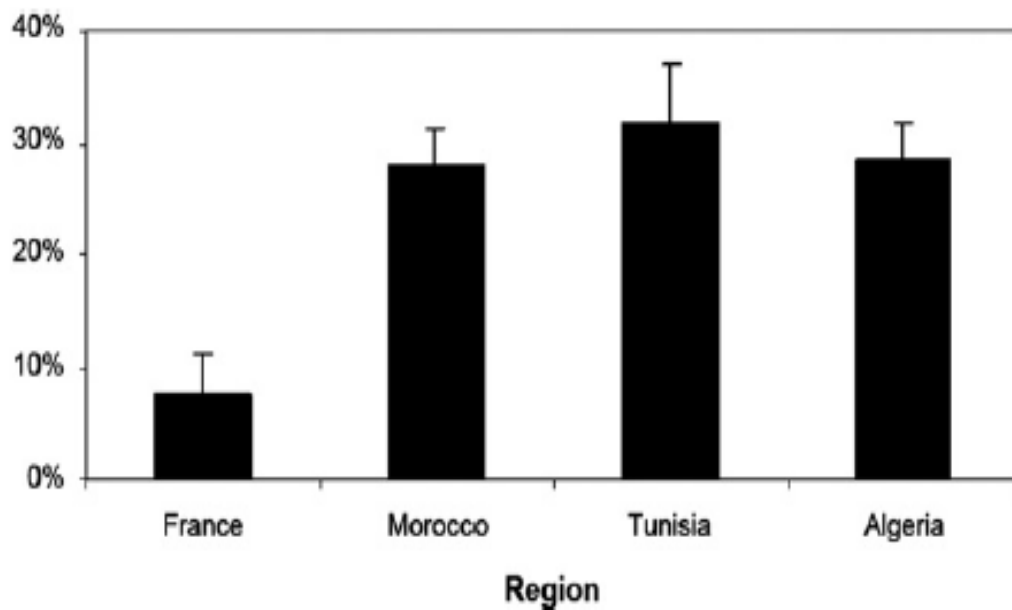
obtenus à partir des études basées sur des cohortes, y compris le type du matériel utilisé pour la mesure, l'hétérogénéité des âges, l'exclusion ou inclusion des glaucomateux ou les patients ayant une hypertension oculaire (Nous avons sélectionné que les études faites sur des normotones), les tares associées et les variations diurnes de l'ECC qui ne sont pas pris en compte par la majorité des études. Nous avons essayé de minimiser ces variations le plus possible afin de tirer des conclusions significatives

Dans notre étude l'ECC moyenne était de  $514.68 \pm 32,56 \mu\text{m}$  avec une plage de 405 à  $598 \mu\text{m}$ , A notre connaissance, cette étude était la deuxième menée pour documenter l'ECC moyenne de la population Marocaine après celle de Lazreg. *Set al* [73] faite en 2013 sur 1662 patients du nord Afrique (712 patients de Blida Algérie, 657 de Casablanca Maroc, 293 de Tunis Tunisie) et 221 patients de Bordeaux France ; Le but de cette étude était de comparer les chiffres de l'ECC de deux populations ethniques différentes.

La distribution de l'ECC était similaire entre les patients du Maroc, d'Algérie et de Tunisie avec moyenne ECC de  $518 \pm 36 \mu\text{m}$  (semblable aux résultats de notre étude) qui était largement inférieure celui de la population Française  $553 \pm 38 \mu\text{m}$ . (figure 25). Le pourcentage de patients avec une ECC inférieure à 500 mm était statistiquement significatif plus élevé en Afrique du Nord qu'en France ( $p < 0.0001$ ). (figure 26)



**Figure 25: La distibution de l'ECC des patients selon la région[73].**

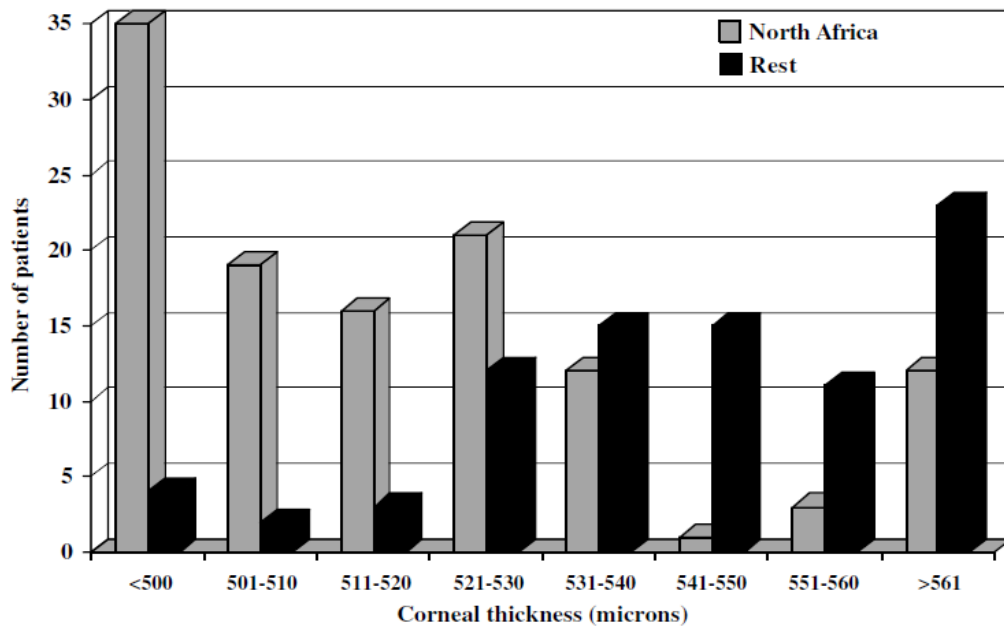


**Figure 26: La distribution des patients avec une ECC inférieur à 500  $\mu\text{m}$  selon la région[73].**

La conclusion de Lazreg *et al* [73] était que la cornée centrale des patients d'Afrique du Nord est significativement plus fine que celle des patients français (518 contre 553  $\mu\text{m}$ , respectivement), avec une similarité des résultats entre les pays Maroc, Algérie et la Tunisie, probablement expliquée par la proximité géographique et l'appartenance à la même l'ethnie (facteur génétique).

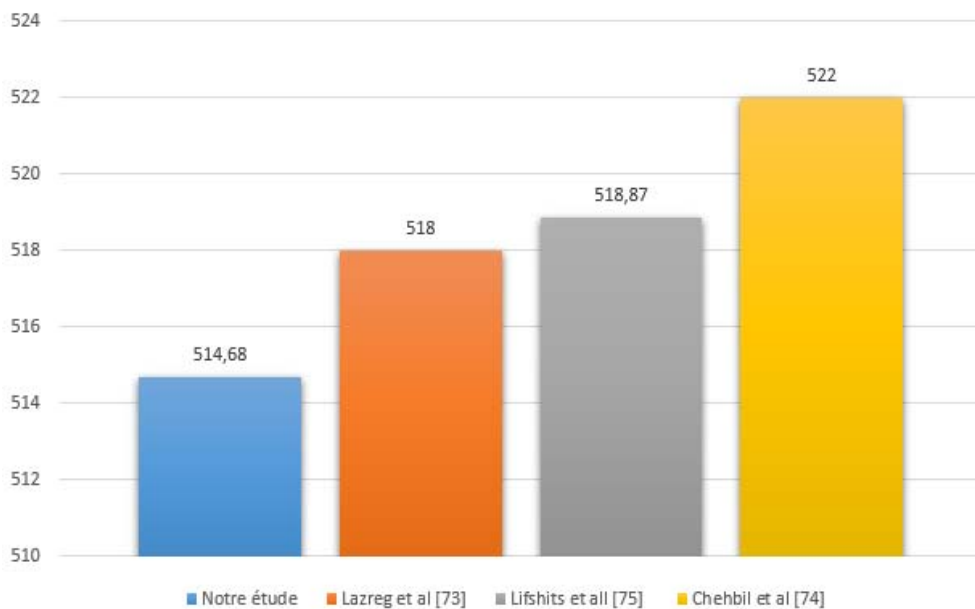
Une autre étude récente menée en Tunisie par Chehbil *et al*[74] portant sur 608 yeux de patients Tunisiens sains sans atteinte oculaire trouve des résultats similaires ; l'ECC moyenne d'une population tunisienne normale était de  $522 \pm 37,17 \mu\text{m}$  (plage de 461 à 655  $\mu\text{m}$ ).

Ces résultats s'ajoutent et confirme l'ancienne étude de Lifshitz *et al*[75] qui a comparé un total de 209 patients d'origine nord-africaine avec des patients de autres ethnies, ( $518,87 \pm 31,53$  vs  $545,36 \pm 30,44$  mm dans l'œil droit, et  $518,43 \pm 32,07$  contre  $546,31 \pm 29,76$  mm dans l'œil gauche ;  $p \leq 0.0001$ ). (figure 27)



**Figure 27: La distribution de l'ECC selon l'origine[75].**

les résultats trouvés semblent être en phase avec notre étude et des données de la littérature ; l'épaisseur cornéenne central s'est avéré significativement plus mince et semblable chez les patients d'origine maghrébine.(figure 28)



**Figure 28: La distribution de l'ECC de la population maghrébine.**

Plusieurs autres études sont menées pour étudier l'épaisseur centrale de la cornée à l'échelle mondiale, parmi eux nous avons choisi celles qui sont faites sur des normotones non glaucomateux afin que la comparaison soit correcte. (Tableau XVI)

**Tableau XVI : Les valeurs d'épaisseur cornéenne centrale dans différentes populations mondiales.**

L'étude	L'ethnicité	Pays	Nombre des sujets	Moyenne d'âge (ans)	Moyenne ECC ( $\mu\text{m}$ )	Année
Notre étude	Nord-africaine	Maroc	350	33	514.68 $\pm$ 32,56	2021
Lazreg S et al [73]	Nord-africaine	Maroc/Algérie/Tunisie	1662	35.6	518 $\pm$ 36	2013
	Française	France	221	34.1	553 $\pm$ 38	
Chebil et al [74]	Nord-africaine	Tunisie	608	39	522 $\pm$ 37.17	2021
Lifshits et al [75]	Nord-africaine	Israël (Israéliens d'origine magrébine)	121	35.9	518.87 $\pm$ 31.35	2003
	Origine mixte	Israël (Israéliens d'origine mixte)	83	32.4	545.4 $\pm$ 30.4	
Mostafa.EM et al [76]	Egyptienne	Egypte	4368	27.5	530 $\pm$ 30.8	2013
Oriowo OM et al [90]	Arabe	Arabie-saoudite	35	53.9	583	2009
Durkin et al [77]	Aboriginal	Australie	74	44.8	541.9 $\pm$ 30.5	2007

**Etude de l'épaisseur cornéenne centrale chez les sujets normotones de la région Sud du Maroc.**

	Caucasienne		115	47.1	544.7 ± 31.9	
La Rosa et al [78]	Afro-américaine	USA	26	63.1	533.8 ± 33.9	2001
	Caucasienne		51	65.2	555.9 ± 33.2	
	Africaine		116	37.2	535.8 ± 33.4	
Shimmyo et al [79]	Asienne	USA	170	34.8	549.8 ± 32.3	2003
	Caucasienne		1466	38.1	552.6 ± 34.5	
	Hispanique		203	34.2	515.1 ± 35.4	
	Africaine		26	62.6	524.8 ± 38.4	
Aghaian et al [80]	Chinoise	USA	41	65.9	569.5 ± 31.8	2004
	Philippinise		33	67.6	559 ± 24.9	
	Hispanique		27	67.5	563.6 ± 29.1	
	Japonaise		38	70.2	538.5 ± 29.6	
Torres et al [81]	Afro-américaine	USA	33	53	528.5 ± 33.2	2008

**Etude de l'épaisseur cornéenne centrale chez les sujets normotones de la région Sud du Maroc.**

	Caucasienne		46	54.7	551.9 ± 28.3	
<b>Carolyn G. [95]</b>	Philippinise	Porto Rico	551	50	541 ±34	2009
<b>Eysteinnsson et al [85]</b>	Caucasienne	Islande	925	50-85	529	2002
<b>Ashwin PT et al [89]</b>	Caucasienne	Angleterre	120	39	520	2009
<b>Wolfs et al [86]</b>	Caucasienne	Pays-Bas	352	55	537.4	1997
<b>Gros-Otero J et al [92]</b>	Caucasienne	Espagne	357	-	548.21	2001
<b>Vijaya et al [83]</b>	Indienne	Inde	2532	58	520.7	2008
<b>Channa R et al [94]</b>	Indo-Aryen	Pakistan	200	44.29	531.08	2009
<b>Foster PJ et al [87]</b>	Mongolienne	Mongolie	1129	10-60	504.5	1998
<b>Casson et al [82]</b>	Asienne	Burma	1909	40	521.9	2008
<b>Suzuki et al [84]</b>	Asienne	Japan	7313	40	517.5	2005
<b>Zhang H et al [91]</b>	Asienne	Chine	4439	56.2	556.6	2006
<b>Wong et al [88]</b>	Asienne	Chine	74	65.5	555.1	2002

**Etude de l'épaisseur cornéenne centrale chez les sujets normotones de la région Sud du Maroc.**

Kim NR et al [93]	Asienne	Corie	580	36.9	548.1	2008
Eballe et al. [96]	Africaine	Cameron	485	5-75	529.29 ± 35.9	2010
Gelaw et al. [97]	Africaine	Ethiopie	300	42.57	518.7 ± 32.9	2010
Kim et al. [98]	Africaine	Ghana	155	40-98	525.3 ± 33.5	2008
Iyamu et al. [99]	Africaine	Nigéria	85	35	550 ± 36.3	2010
Iyamu et al. [100]	Africaine	Nigéria	95	-	547.0 ± 29.5	2013
Forsius et al. [101]	Africaine	Rwanda	76	?	522	1995
Mohamed et al. [102]	Africaine	Soudan	94	54	530.15 ± 58.10	2009
Sardiwalla et al. [103]	Africaine	Sud d'Afrique	100	18-25	526.5 ± 37.2	2012

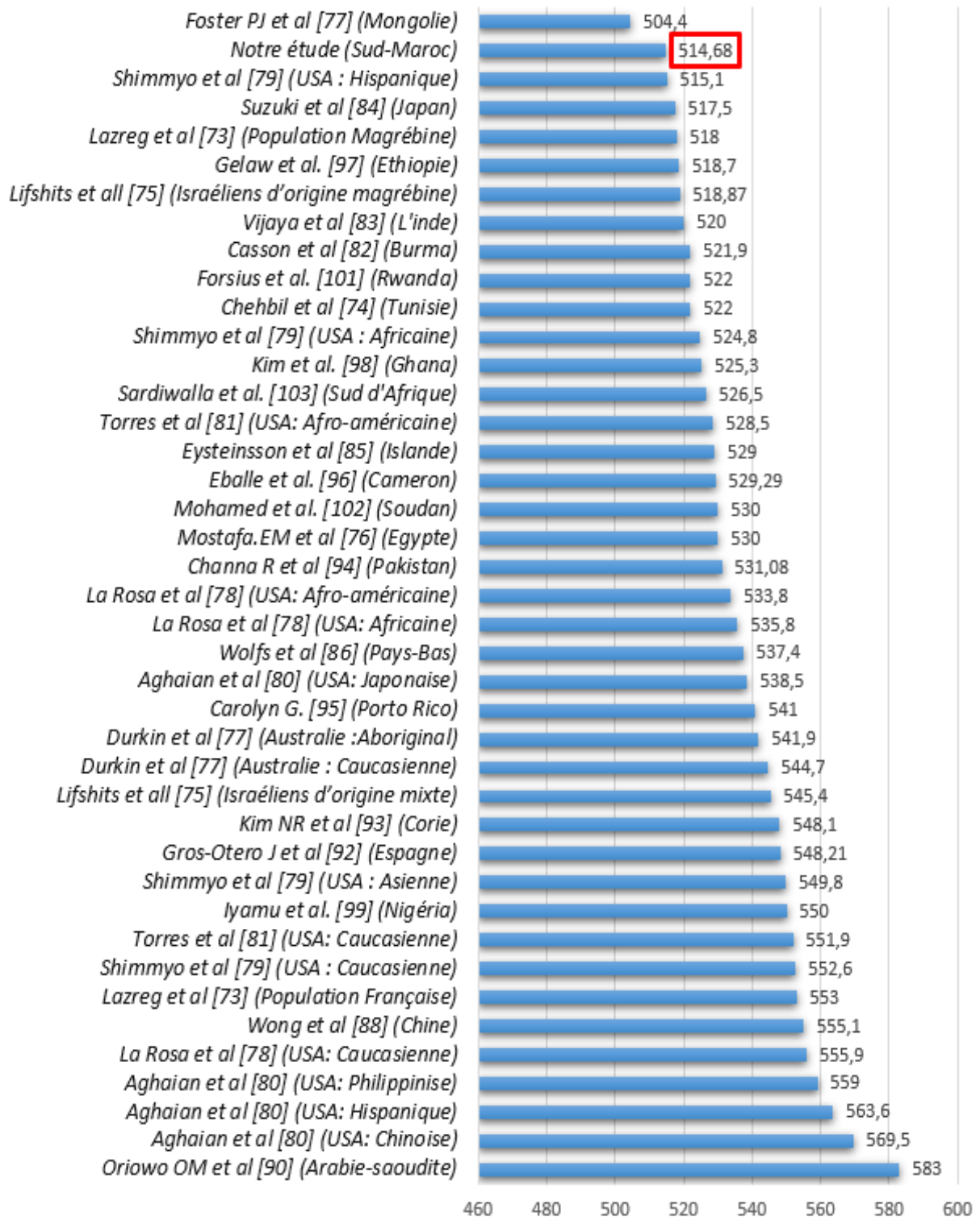


Figure 29: La distribution de l'ECC selon les différentes populations mondiales en ordre croissant.

Il y a une large distribution des valeurs moyennes de l'ECC parmi les différents groupes ethniques cités, la population Mongole ayant l'ECC la plus mince (504,5  $\mu\text{m}$ )[87] et la population Saoudienne ayant la plus épaisse (583  $\mu\text{m}$ )[90].

L'étude de Shimmyo *et al* [79], La Rosa *et al* [78], Aghaian *et al* [80] et Torres *et al* [81], montrent tous que les sujets d'ascendance africaine ayant une cornée plus mince que leurs homologues caucasiens, Bien que dans des études menées en Afrique montrent des énormes écarts dans l'ECC moyenne des populations africaines allant de  $518.7 \pm 32.9$  à  $550 \pm 36.3$   $\mu\text{m}$  [96–103].

Les populations asiatiques, avaient une grande diversité dans leurs ECC moyenne, les Chinois semblent avoir l'ECC la plus élevée (555.1  $\mu\text{m}$ ) [91], en contrepartie le Japon avait l'ECC la plus mince (517.5  $\mu\text{m}$ ) [84]. Des facteurs propres à certaines cultures ou zones géographiques ainsi que d'autres facteurs méthodologiques peuvent expliquer certaines des variations entre les populations appartenant à la même ethnie.

Selon les résultats trouvés par notre étude et ceux des autres donnés de la littérature on note que l'ECC chez les pays du nord d'Afrique [73–75] en général et chez la population sud-Marocaine en particulier ont une épaisseur cornéenne réduite par rapport à la plupart des autres populations mondiales comme représente le tableau ci-dessus. (Tableau XVI).

La recherche clinique, génétique et moléculaire fondée sur l'ethnicité est en cours de progression et la recherche sur les gènes responsables de la variation normale de l'ECC est en cours d'étude par l'approche des gènes candidats, l'analyse des liens familiaux et les études d'association à l'échelle du génome.[104] Il a un grand potentiel dans le diagnostic, la surveillance et l'optimisation des options de traitement des troubles cornéens. Le terme « anthropologie cornéenne » devrait être utilisé pour la recherche cornéenne basée sur l'ethnicité.

*a. **L'épaisseur cornéenne et la pression intra oculaire :***

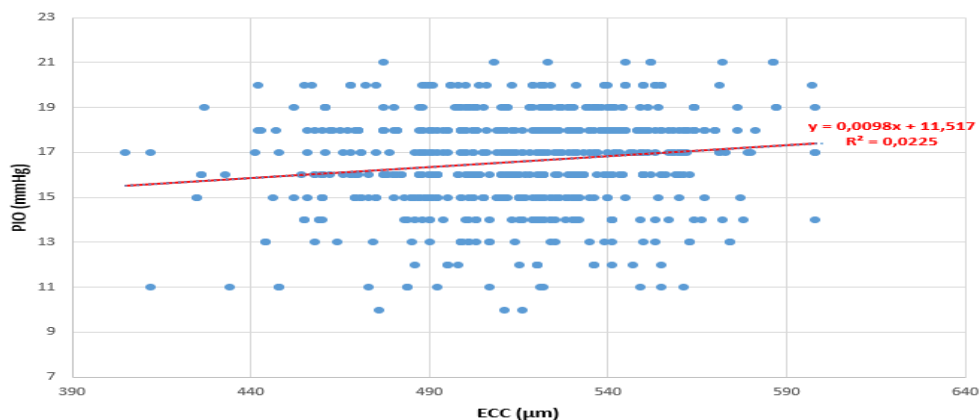
La relation entre l'épaisseur cornéenne central (ECC) et la pression intra oculaire (PIO) est intéressante depuis que Goldmann et Schmidt [105] ont introduit le tonomètre à aplanation en

1957. Ils ont calibré l'instrument en supposant une épaisseur cornéenne « standard » de 500  $\mu\text{m}$  (sur la base de populations blanches) et ont indiqué que l'épaisseur cornéenne aurait un certain effet sur la mesure résultante de la PIO. [105] Ils pensaient cependant que la variation de l'ECC était sans conséquence en absence de maladie cornéenne. Cette hypothèse s'est avérée plus tard incorrecte. [106,107] Une cornée plus épaisse nécessite plus de force pour aplanir et, inversement, une cornée plus fine est plus facilement aplanie. En conséquence, diverses méthodes de correction ont été proposées. [106,108–109]

Dans notre étude nous avons utilisé la tonométrie à air pulsé qu'est une technique de mesure de pression intraoculaire par aplanation par jet d'Air, rapide sans avoir besoin d'anesthésie topique et facile à utiliser minimisant le risque d'infection, qui constitue une alternative fiable de dépistage à la tonométrie de Goldmann. De nombreuses études ont montré la fiabilité de cette technique [110–113], mais des problèmes de mesure persistent.

Plusieurs études ont démontré une corrélation entre l'hypertension oculaire et l'augmentation de l'ECC [114–118]. Cela semble être en phase avec nos résultats qui ont montré une corrélation positive entre PIO et l'ECC. **La relation était statistiquement significative** ( $p = 0.008$ ). Plus l'ECC augmentait, plus la PIO était élevée (figure 30).

D'autres auteurs de la littérature n'ont pas trouvé de lien entre ces deux paramètres [119–121].



**Figure 30: La relation entre l'ECC et la PIO.**



## *CONCLUSION*



L'épaisseur cornéenne centrale (ECC) est un indicateur important de la santé globale de la cornée, et la mesure de l'épaisseur cornéenne a récemment été reconnue comme ayant des implications dans l'utilisation des lentilles de contact et la chirurgie réfractive, ainsi que comme un outil de diagnostic précoce pour les personnes qui risquent de développer un glaucome primitif à angle ouvert. Le but de cette étude est d'étudier l'épaisseur centrale de la cornée chez la population sud-marocaine normotones.

L'ECC médiane dans notre étude était de  $514.68 \pm 32,56 \mu\text{m}$  avec une plage de 405 à 598  $\mu\text{m}$ . Ces valeurs de l'ECC chez la population sud-marocaine se sont avérés inférieurs à celles de l'ECC des populations caucasiennes, américaines, asiatiques et celles du moyen orient, mais ont été comparables à ceux rapportés chez les pays nord africains.

L'ECC était significativement affecté par l'âge et influençant lapression intra-oculaire ; **nous avons noté une relation statistiquement significative entre l'épaisseur cornéenne et l'âge** ( $p = 0.039$ ), son augmentation moyenne est de 0.9  $\mu\text{m}$  par tranche d'âge . **Également La relation était statistiquement significative entre l'ECC et la PIO** ( $p = 0.008$ ), plus le ECC augmentait, plus la PIO était élevée.

**L'ECC n'a pas été affecté par le sexe ni les pathologies associées dans notre étude.**

La population des pays du nord d'Afrique en général et chez la population sud-Marocaine en particulier ont une épaisseur cornéenne réduite par rapport à la plupart des autres populations mondiales.



## *ANNEXES*



## Fiche d'exploitation (Annexe 1.)

Nom/Prénom : .....

Le sexe : M  F

L'âge : < 17  17 à 30  31 à 60  > 60

Niveau socio-économique: Bas  Moyen  Élevé

Profession : Militaire/militaire retraité(e)  Femme au foyer   
Etudiant(e)  Autre : .....

Région : Souss-Massa  Guelmim-Oued Noun   
Laayoune-Sakia El Hamra  Dakhla-Oued Eddahab

ATCD oculaire: Cataracte  Conjonctivite allergique   
Rétinopathie diabétique  Rétinopathie hypertensive

Autre : .....

Pathologies générales associées :

DT2/DT1  HTA

Allergie  Autre : .....

Motif de consultation ou de suivi:

Contrôle AV ou BAV  Cataracte  Suivi DT1/DT2

Ptérygion  Autre .....

**Les mesures cornéennes :**

	OG	OD
Épaisseur cornéenne centrale ( $\mu\text{m}$ )		
Tonus oculaire (mm Hg)		



## *RÉSUMÉ*



## **Résumé**

L'importance de l'épaisseur centrale de la cornée a augmenté dans la pratique de l'ophtalmologie. C'est un outil important d'évaluation clinique, en particulier dans la chirurgie pré réfractive, le diagnostic et suivi du glaucome et dans certaines pathologies cornéennes.

C'est une étude prospective à visée descriptive et analytique portant sur des patients normotones, étalée sur une période de 2 ans (2020–2021), a pour but d'étudier l'épaisseur centrale de la cornée (ECC) chez la population Sud-Marocaine normotones. Les données cliniques, obtenues à partir d'une fiche de recueil colligeant les résultats d'interrogatoire et les mesures ophtalmologiques pratiqués sur 700 yeux de 350 patients vu en consultation d'ophtalmologie de L'Hôpital militaire Oued EDDAHAB d'Agadir.

188 (53.7%) de nos patients sont de sexe féminin et 162 (46.3%) sont de sexe masculin, la tranche d'âge [31 à 60 ans] est la plus représentative (42.8%), la pression oculaire moyenne était de 16.58 mmHg avec une plage de 10 à 21mmHg et l'ECC moyenne était de  $514.68 \pm 32,56 \mu\text{m}$  avec une plage de 405 à 598  $\mu\text{m}$ .

Nous avons trouvé une relation statistiquement significative entre l'ECC et l'âge, son augmentation moyenne est de 0.9  $\mu\text{m}$  par tranches d'âge. Également la relation était statistiquement significative pour la pression intraoculaire, son augmentation était proportionnelle à celle de l'ECC dans notre population non glaucomateuse.

Cependant l'ECC n'a pas été affectée par d'autres facteurs à savoir ; le sexe, les pathologies associées ou le niveau socioéconomique dans notre étude.

L'ECC s'est avérée plus faible chez la population Sud-Marocaine que dans les populations Caucasiennes, Hispaniques, Asiatiques (sauf pour la Mongolie) et Moyen-Orientales, [66–85] mais comparable aux populations Nord-Africaines, [63–65] et certaines populations Africaines. [87,91,93].

L'ophtalmologiste doit être conscient des variations ethniques de l'ECC et les stratégies de traitement du glaucome doivent être ciblées pour chaque groupe ethnique individuellement plutôt que globalement. Les chercheurs doivent également tenir compte des variations ethniques lors de la conception d'essais cliniques multiethniques sur les affections oculaires liées à l'ECC.

## **Abstract**

Significance of central corneal thickness has been increasing in ophthalmology practice. It is an important clinical evaluation tool especially prior to preoperative LASIK surgery, in diagnosis and follow-up of glaucoma and other corneal diseases.

It's a prospective descriptive and analytical study done on normotonic patients, over a period of 2 years (2020–2021), aims to study the central corneal thickness (CCT) in normotone Southern Moroccan population. We collected clinical record as well as the results of the ophthalmic measurements performed on 700 eyes of 350 patients seen in the ophthalmology consultation of the Oued EDDAHAB military hospital in Agadir.

188 (53.7%) of our patients are females and 162 (46.3%) are males, the age group [31 to 60 years] was the most representative (42.8%), the mean intraocular pressure was 16.58 mmHg with a range of 10–21mmHg and the mean CCT was  $514.68 \pm 32.56 \mu\text{m}$  with a range of 405–598  $\mu\text{m}$ .

We found a statistically significant relationship between CCT and age, it increases by 0.9  $\mu\text{m}$  per age group. Also, the relationship was statistically significant for intraocular pressure, the increase of IOP was proportional to the CCT in our non–glaucomatous population ( $R^2=0.022$ ).

However, the CCT was not affected by other factors such as; gender, associated diseases or socioeconomic level in our study.

CCT was found to be lower in the South Moroccan population than in Caucasian, Hispanic, Asian (except for Mongolia) and Middle Eastern populations, [66–85] but comparable to the North African populations, [63–65] and some African populations. [87,91,93].

Ophthalmologist should be aware of the ethnic variations in CCT and the treatment strategies for glaucoma should be targeted for each ethnic group individually rather than in aggregate. Investigators should also take the ethnic variations into consideration when designing multi–ethnic clinical trials on CCT–related ocular conditions.

## ملخص

تتزايد أهمية السماكة المركزية للقرنية في ممارسة طب العيون. إنها أداة تقييم سريري مهمة خاصة قبل جراحة الليزك, في تشخيص ومتابعة مرض الزرق وبعض أمراض القرنية الأخرى.

إنها دراسة وصفية وتحليلية أجريت على مرضى ذوي ضغط العين الطبيعي, على مدار عامين (2020-2021) تهدف إلى دراسة السماكة المركزية للقرنية لفائدة سكان جنوب المغرب. قمنا بجمع السجل السريري وكذلك نتائج القياسات التي أجريت على القرنية المركزية لفائدة 700 عين ل 350 شخص تمت رؤيتهم في مصلحة طب العيون بالمستشفى العسكري وادي الذهب بأكادير.

188 (53.7%) من مرضانا هم من الإناث و 162 (46.3%) من الذكور، الفئة العمرية [31 الى 60 سنة] كانت الأكثر تمثيلا ( 42.8%)، متوسط ضغط العين كان 16.58 ملم زئبق بمدى 10-21 ملم زئبق ومتوسط السماكة المركزية للقرنية كان 514.68 + - 32.56 مايكرومتري بمدى 405-598 مايكرومتري.

وجدنا علاقة ذات دلالة إحصائية بين السماكة المركزية للقرنية والعمر، فهي تزداد بمقدار 0.9 مايكرومتري لكل فئة عمرية. كما كانت العلاقة أيضا ذات دلالة إحصائية لضغط العين، حيث كان ازدياد السماكة المركزية للقرنية متناسق مع ضغط العين عند مرضانا الغير مصحوبون بالزرق.

من جهة أخرى، لم تتأثر السماكة المركزية للقرنية بعوامل أخرى مثل؛ الجنس، الأمراض المصاحبة أو المستوى الاجتماعي والاقتصادي في دراستنا.

وجدنا ان السماكة المركزية للقرنية أقل عند سكان جنوب المغرب مقارنة بشعوب اخري مثل القوقاز، الإسبان والأسويين باستثناءمنغوليا، الشرق الأوسط [66-85] ولكن يمكن مقارنتها بسكان شمال إفريقيا [63-65] وبعض السكان الأفارقة [87,91,93].

يجب أن يكون طبيب العيون على دراية بالاختلافات العرقية في السماكة المركزية للقرنية ويجب أن تستهدف إستراتيجيات علاج مرض الزرق كل مجموعة عرقية على حدة وليس بشكل إجمالي، يجب أن يأخذ الباحثون أيضا الاختلافات العرقية بعين الاعتبار عند قيادتهم لتجارب إكلينيكية متعددة الأعراق حول أمراض العين المرتبطة بالسماكة المركزية للقرنية.



## *BIBLIOGRAPHIE*



1. **Rashid RF, Farhood QK.**  
Measurement of central corneal thickness by ultrasonic pachymeter and oculus pentacam in patients with well-controlled glaucoma: hospital-based comparative study.  
*Clin Ophthalmol.* 2016 Mar 1;10:359-64.
  
2. **Allouch-Nahmias C., Goldschmit P., Borderie V.,**  
Anatomie de la cornée.  
*EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Ophtalmologie, 21-003-A-10, 2011.*
  
3. **Gatinel D.**  
**La Cornée. 25 Mar. 2014. Disponible sur :**  
(<http://gatinel.com/2011/01/quest-ce-que-lepaisseur-corneenne-pachymetrie-corneenne>)
  
4. **Gab-Alla AA.**  
Reference Values of the Central Corneal Thickness with Different Refractive Errors for the Adult Egyptian Population.  
*Clin Ophthalmol.* 2020 Oct 22;14:3465-3474.
  
5. **Teberik K, Eski MT, Ankarali H.**  
Comparison of central corneal thickness and intraocular pressure measured with two different tonopachymeter devices in non-glaucomatous children.  
*Eur J Ophthalmol.* 2021 Nov;31(6):3010-3017.
  
6. **Heidary F, Gharebaghi R, Wan Hitam WH,**  
Central corneal thickness and intraocular pressure in Malay children.  
*PLoS One.* 2011;6(10):e25208.
  
7. **Bayraktar S, Bayraktar Z.**  
Central corneal thickness and intraocular pressure relationship in eyes with and without previous LASIK: comparison of Goldmann applanation tonometer with pneumatonometer.  
*Eur J Ophthalmol.* 2005 Jan-Feb;15(1):81-8.

- 8. Detry–Morel M.**  
Utilite de la pachymetrie corneenne dans l'hypertension oculaire et le glaucome chronique  
[Use of corneal pachymetry in ocular hypertension and chronic glaucoma].  
*Bull Soc Belge Ophtalmol. 2004;(293):35–43.*
- 9. Wilson R, Richardson TM, Hertzmark E,**  
Race as a risk factor for progressive glaucomatous damage.  
*Ann Ophthalmol. 1985 Oct;17(10):653–9.*
- 10. Restrepo NA, Cooke Bailey JN.**  
Primary Open–Angle Glaucoma Genetics in African Americans.  
*Curr Genet Med Rep. 2017 Dec;5(4):167–174.*
- 11. M. Ahmed.L,**  
Haut–Commissaire Au Plan Sur Les Classes Moyennes Au Maroc, Rabat, 19 Mai 2009  
Disponible sur : ([https://www.hcp.ma/Intervention-de-M-Ahmed-LAHLIMI-ALAMI-Haut-Commissaire-au-Plan-sur-les-classes-moyennes-au-Maroc-Rabat-19-Mai-2009\\_a830.html](https://www.hcp.ma/Intervention-de-M-Ahmed-LAHLIMI-ALAMI-Haut-Commissaire-au-Plan-sur-les-classes-moyennes-au-Maroc-Rabat-19-Mai-2009_a830.html)).
- 12. Pisella P–J, BaudouinC, Hoang–Xuan T**  
Surface Oculaire. Rapport de la Société Française d'Ophtalmologie.  
*Edition Masson. Chapitre 1 Le concept de surface oculaire. Anatomie et régulation du film lacrymal 2015 ;p13–27.*
- 13. Gipson IK.**  
Adhesive mechanisms of the corneal epithelium.  
*Acta Ophtalmol 1992; 70(202):13–7.*
- 14. DelMonte DW, Kim T.**  
Anatomy and physiology of the cornea.  
*J Cataract Refract Surg. 2011;37:588–98.*
- 15. Meek KM, Knupp C.**  
Corneal structure and transparency.  
*Prog Retin Eye Res. 2015;49:1–6.*

- 16. Pisella P-J, Baudouin C, Hoang-Xuan T**  
Surface Oculaire. Rapport de la Société Française d'Ophtalmologie, 2015.  
*Edition Masson. Chapitre 1 Le concept de surface oculaire. Histologie et anatomie de la surface oculaire : p 3-12.*
- 17. Meek KM, Leonard DW,**  
Le juge en chef Connon, Dennis S, Khan S. Transparence, gonflement et cicatrices dans le stroma cornéen.  
*Eye 2003 ; 927-936.*
- 18. Cheng X, Pinsky PM.**  
Mécanismes d'auto-organisation pour le réseau de fibrilles de collagène dans la cornée humaine.  
*JR Soc.Interface 2013 ;10 , 20130512.*
- 19. Dua HS, Faraj LA, Said DG,**  
Human corneal anatomy redefined: A novel pre-descemet's layer(*Dua'slayer*)  
*Ophthalmology. 2013;120:1778-85.*
- 20. Ortiz D, Piñero D, Shabayek MH,**  
Corneal biomechanical properties in normal, post-laser in situ keratomileusis, and keratoconic eyes.  
*J Cataract Refract Surg. 2007 Aug;33(8):1371-5.*
- 21. Thuret G, Gain P.**  
Physiologie de l'endothélium cornéen.  
*Bull Soc Ophthalmol Fr 2002; CII: 25-49.*
- 22. Shanmuganathan VA, Foster T, Kulkarni BB,**  
Morphological characteristics of the limbal epithelial *crypt*.  
*Br J Ophthalmol 2007 ; 91 : 514-9.*
- 23. Douth J, Quantock AJ, Smith VA,**  
Transmission de la lumière dans la cornée humaine en fonction de la position sur la surface oculaire: aspects théoriques et expérimentaux .  
*Biophys. J. 95 2008,5092-5099.*

- 24. Orucoglu F,**  
Déchirures et détachements de la membrane du complexe de Descemet au cours de la phacoémulsification.  
*J Ophthalmic Vis Res. 2015; 10 (1): 81-3.*
- 25. Bourne WM, McLaren JW.**  
Réponses cliniques de l'endothélium cornéen.  
*Exp Eye Res. 2004; 78 : 561-72.*
- 26. Mertonyi CL, Bahn CF, Meyer RF.**  
Clinical slit lamp biomicroscopy and photo slit lamp biomicrography.  
*Ann Arbor : Time One Ink, 1985.*
- 27. Chiambaretta F, Pilon F, Gerard M,**  
Cornée: méthodes d'examen et sémiologie.  
*Encycl Med Chir (Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS, Paris), Ophtalmologie, 21-200-A-10,2001, 16 p.*
- 28. Waring GO, Rodrigues MM.**  
Patterns of pathologic response in the cornea.  
*Surv Ophthalmol 1987 ; 31 : 262-266.*
- 29. Zhao P.S, Wong T.Y, Wong W.L,**  
Comparison of central corneal thickness measurements by visante anterior segment optical coherence tomography with ultrasound pachymetry  
*Am J Ophthalmol 2007 ; 143 : 1047-1049*
- 30. Benetz BA, Gal RL, Rubin LG,**  
Microscopie spéculaire Méthodes d'études auxiliaires pour la détermination de la densité de cellules endothéliales de donneurs dans la cornée Images de l'étude des donneurs.  
*Recherche actuelle sur les yeux. 2006; 31 : 319-27.*
- 31. Patel DV, Ku JY, Johnson R**  
Laser scanning in vivo confocal microscopy and quantitative aesthésiométrie reveal decreased corneal innervation and sensation in keratoconus.  
*Eye (lond).2009;23:586-92*

- 32. Wasilewski D, Mello HR, Moreira H.**  
Impact de la réticulation du collagène sur la sensibilité cornéenne chez les patients atteints de kératocône.  
*Cornea* 2013; (7): 899-902.
- 33. E. Costantini, O. Touzeau, T. Gaujoux,**  
464 Influence de l'âge sur l'épaisseur cornéenne centrale et périphérique, Volume 1578,  
*Issue 1001, 04/2009, Pages 1S1-1S226.*
- 34. Taurone, S., Miglietta, S., Spoletini, M.,**  
Age related changes seen in human cornea in formalin fixed sections and on  
biomicroscopy in living subjects: A comparison.  
*Clin. Anat.,2020 33: 245-256.*
- 35. Galgauskas S, Juodkaite G, Tutkuvienė J.**  
Age-related changes in central corneal thickness in normal eyes among the adult  
Lithuanian population.  
*Clin Interv Aging. 2014 Jul 16;9:1145-51.*
- 36. Hashmani N, Hashmani S, Hanfi AN,**  
Effect of age, sex, and refractive errors on central corneal thickness measured by Oculus  
Pentacam®.  
*Clin Ophthalmol. 2017;11:1233-1238.*
- 37. Channa R, Mir F, Shah MN,**  
Central corneal thickness of Pakistani adults.  
*J Pak Med Assoc. 2009 Apr;59(4):225-8.*
- 38. Lifshitz, T., Levy, J., Rosen, S.**  
Central corneal thickness and its relationship to the patient's origin.  
*Eye* 2006 ; 20, 460-465.
- 39. Mercieca K, Odogu V, Fiebai B,**  
Comparing central corneal thickness in a sub-Saharan cohort to African Americans and  
Afro-Caribbeans.  
*Cornea.* 2007;26(5):557-560.

- 40. Wang Q, Liu W, Wu Y,**  
Central corneal thickness and its relationship to ocular parameters in young adult myopic eyes.  
*Clin Exp Optom.* 2017;100(3):250-254.
- 41. Nomura H, Ando F, Niino N,**  
The relationship between age and intraocular pressure in a Japanese population: the influence of central corneal thickness.  
*Curr Eye Res.* 2002;24(2):81-85.
- 42. Harper CL, Boulton ME, Bennet D,**  
Diurnal variations in human corneal thickness.  
*Br J Ophthalmol.* 1996;80(12):1068-1072.
- 43. Kurtul BE, Inal B, Ozer PA,**  
Impact of oral contraceptive pills on central corneal thickness in young women.  
*Indian J Pharmacol.* 2016;48(6):665-668.
- 44. Giuffrè G, Di Rosa L, Fiorino F,**  
Variations in central corneal thickness during the menstrual cycle in women.  
*Cornea.* 2007;26(2):144-146.
- 45. Tuft SJ, Ramakrishnan M, Seal DV,**  
Role of *Staphylococcus aureus* in chronic allergic conjunctivitis.  
*Ophthalmology.* 1992;99(2):180-84.
- 46. Abelson MB, George MA, Garofalo C.**  
Differential diagnosis of ocular allergic disorders.  
*Ann Allergy.* 1993;70(2):95-109.
- 47. Leonardi S, del Giudice Miraglia M,**  
Atopic disease, immune system, and the environment.  
*Allergy Asthma Proc.* 2007;28:410-17.

48. **Wang, Q, Deng, Y, Li, S.**  
Corneal biomechanical changes in allergic conjunctivitis.  
*Eye and Vis* 2021;8,17.
49. **Ondas, Osman, and Sadullah Keles.**  
"Central corneal thickness in patients with atopic keratoconjunctivitis."  
*Medical science monitor : international medical journal of experimental and clinical research vol. 20* 1687–90.
50. **Wiemer NG, Dubbelman M, Kostense PJ,**  
The influence of chronic diabetes mellitus on the thickness and the shape of the anterior and posterior surface of the cornea.  
*Cornea. 2007 Dec;26(10):1165–70.*
51. **Canan H, Sahinoglu–Keskek N, Altan–Yaycioglu R.**  
The relationship of central corneal thickness with the status of diabetic retinopathy.  
*BMC Ophthalmol. 2020 Jun 8;20(1):220.*
52. **Suraida AR, Ibrahim M, Zunaina E.**  
Correlation of the anterior ocular segment biometry with HbA1c level in type 2 diabetes mellitus patients.  
*PLoS One. 2018 Jan 11;13(1):e0191134.*
53. **Lee JS, Oum BS, Choi HY,**  
Differences in corneal thickness and corneal endothelium related to duration in diabetes.  
*Eye (Lond). 2006 Mar;20(3):315–8.*
54. **Busted N, Olsen T, Schmitz O.**  
Clinical observations on the corneal thickness and the corneal endothelium in diabetes mellitus.  
*Br J Ophthalmol* 1981;65:687–90.
55. **Su DH, Wong TY, Wong WL,**  
Singapore Malay Eye Study Group. Diabetes, hyperglycemia, and central corneal thickness: the Singapore Malay Eye Study.  
*Ophthalmology. 2008 Jun;115(6):964–968.e1.*

56. **Larsson LI, Bourne WM, Pach JM,**  
Structure and function of the corneal endothelium in diabetes mellitus type I and type II.  
*Arch Ophthalmol 1996;114:9-14.*
57. **Schultz RO, Matsuda M, Yee RW,**  
Corneal endothelial changes in type I and type II diabetes mellitus.  
*Am J Ophthalmol 1984;98:401-10.*
58. **Sedaghat MR, Askarizadeh F, Nematy M,**  
The Relationship of Body Mass Index and Blood Pressure with Corneal Biomechanical Parameters in Healthy Subjects.  
*Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol. 2017 Fall;6(3):89-97.*
59. **Ventura AC, Wälti R, Böhnke M.**  
Corneal thickness and endothelial density before and after cataract surgery.  
*Br J Ophthalmol. 2001 Jan;85(1):18-20.*
60. **Wali FS, Surhio SA ` , Talpur R,**  
Change in Central corneal thickness after Phacoemulsification.  
*pak J Ophthalmol [Internet]. 2020 .Available from : (<https://www.pjo.org.pk/index.php/pjo/article/view/999>)*
61. **Perone JM, Boiche M, Lhuillier L,**  
Correlation Between Postoperative Central Corneal Thickness and Endothelial Damage After Cataract Surgery by Phacoemulsification.  
*Cornea. 2018 May;37(5):587-590.*
62. **Tragakis M, Economidis I, Athanassiades P,**  
Corneal thickness after cataract surgery.  
*Trans Ophthalmol Soc U K. 1977 Apr;97(1):114-6.*
63. **Alsbirk PH.**  
Corneal thickness. II. Environmental and genetic factors.  
*Acta Ophthalmol (Copenh) 1978;56:105-13.*

64. **Toh T, Liew SH, MacKinnon JR,**  
Central corneal thickness is highly heritable:the twin eye studies.  
*Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:3718–22.
65. **Zheng Y, Ge J, Huang G,**  
Heritability of central corneal thickness in Chinese:the Guangzhou Twin Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:4303–7.
66. **Landers JA, Hewitt AW, Dimasi DP,**  
Heritability of central corneal thickness in nuclear families.  
*Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009;50:4087–90.
67. **Spence MA, Westlake J, Lange K.**  
Estimation of the variance components for dermal ridge count.  
*Ann Hum Genet* 1977;41:111–5.
68. **Martin NG, Eaves LJ, Loesch DZ.**  
A genetical analysis of covariation between finger ridge counts.  
*Ann Hum Biol* 1982;9:539–52.
69. **Loesch DZ, Huggins RM.**  
Fixed and random effects in the variation of the finger ridge count: a study of fragile-X families.  
*Am J Hum Genet* 1992;50:1067–76.
70. **Pearson AR, Soneji B, Sarvananthan N,**  
Does ethnic origin influence the incidence or severity of keratoconus?.  
*Eye (Lond)* 2000;14:625–8
71. **Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD,**  
*Arch Ophthalmol.* 2002 Jun; 120(6):714–20; discussion 829–30.
72. **Shih CY, Graff Zivin JS,**  
*Arch Ophthalmol.* 2004 Sep; 122(9):1270–5.

73. **Lazreg S, Mesplié N, Praud D,**  
Comparison of corneal thickness and biomechanical properties between North African and French patients.  
*J Cataract Refract Surg. 2013 Mar;39(3):425-30.*
74. **Chebil A, Choura R, Falfoul Y,**  
Central corneal thickness in a healthy Tunisian population.  
*Tunis Med. 2021 Feb;99(2):221-224.*
75. **Lifshitz T, Levy J, Rosen S,**  
Central corneal thickness and its relationship to the patient's origin.  
*Eye (Lond). 2006 Apr;20(4):460-5.*
76. **Mostafa EM.**  
Central corneal thickness in southern Egypt.  
*Int Ophthalmol. 2014 Aug;34(4):809-15.*
77. **Durkin SR, Tan EW, Casson RJ,**  
Central corneal thickness among Aboriginal people attending eye clinics in remote South Australia.  
*Clin Experiment Ophthalmol 2007;35:728-32.*
78. **La Rosa FA, Gross RL, Orengo-Nania S.**  
Central corneal thickness of Caucasians and African Americans in glaucomatous and nonglaucomatous populations.  
*Arch Ophthalmol 2001;119:23-7.*
79. **Shimmyo M, Ross AJ, Moy A,**  
Intraocular pressure, Goldmann applanation tension, corneal thickness, and corneal curvature in Caucasians, Asians, Hispanics, and African Americans.  
*Am J Ophthalmol 2003;136:603-13.*
80. **Aghaian E, Choe JE, Lin S,**  
Central corneal thickness of Caucasians, Chinese, Hispanics, Filipinos, African Americans, and Japanese in a glaucoma clinic.  
*Ophthalmology 2004;111:2211-19.*

- 81. Torres RJ, Jones E, Edmunds B,**  
Central corneal thickness in Northwestern American Indians/Alaskan Natives and comparison with white and African-American persons.  
*Am J Ophthalmol* 2008;146:747-51.
- 82. Casson RJ, Abraham LM, Newland HS,**  
Corneal thickness and intraocular pressure in a nonglaucomatous Burmese population: the Meiktila Eye Study.  
*Arch Ophthalmol* 2008;126:981-5.
- 83. Vijaya L, George R, Baskaran M,**  
Prevalence of primary open-angle glaucoma in an urban south Indian population and comparison with a rural population.  
*The Chennai Glaucoma Study. Ophthalmology* 2008;115:648-54.e1.
- 84. Suzuki S, Suzuki Y, Iwase A,**  
Corneal thickness in an ophthalmologically normal Japanese population.  
*Ophthalmology*. 2005;112(8):1327-36.
- 85. Eysteinnsson T, Jonasson F, Sasaki H,**  
Central corneal thickness, radius of the corneal curvature and intraocular pressure in normal subjects using non-contact techniques: Reykjavik Eye Study.  
*Acta Ophthalmol Scand* 2002;80:11-15.
- 86. Wolfs RC, Klaver CC, Vingerling JR,**  
Distribution of central corneal thickness and its association with intraocular pressure: the Rotterdam Study.  
*Am Ophthalmol* 1997;123:767-72.
- 87. Foster PJ, Baasanhu J, Alsbirk PH,**  
Central corneal thickness and intraocular pressure in a Mongolian population.  
*Ophthalmology*. 1998; 105(6):969-73.

- 88. Wong AC, Wong CC, Yuen NS,**  
Correlational study of central corneal thickness measurements on Hong Kong Chinese using optical coherence tomography, Orbscan and ultrasound pachymetry.  
*Eye (Lond).* 2002;16(6):715-21.
- 89. Ashwin PT, Shah S, Pushpoth S,**  
The relationship of Central Corneal Thickness (CCT) to Thinnest Central Cornea (TCC) in healthy adults.  
*Cont Lens Anterior Eye.* 2009;32(2):64-7.
- 90. Oriowo OM.**  
Profile of central corneal thickness in diabetics with and without dry eye in a Saudi population.  
*Optometry* 2009 Aug;80(8):442-6.
- 91. Zhang H, Xu L, Chen C,**  
Central corneal thickness in adult Chinese. Association with ocular and general parameters. The Beijing Eye Study.  
*Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2008;246(4):587-92.
- 92. Gros-Otero J, Arruabarrena-Sánchez C, Teus M.**  
Central corneal thickness in a healthy Spanish population.  
*Arch Soc Esp Oftalmol.* 2011;86(3):73-6.
- 93. Kim NR, Kim CY, Oh JH,**  
Corneal thickness and anterior chamber depth by Orbscan in normal and primary open-angle glaucoma patients in Korea.  
*J Glaucoma.* 2008 ;17(6):465-9.
- 94. Channa R, Mir F, Shah MN,**  
Central corneal thickness of Pakistani adults.  
*J Pak Med Assoc.* 2009 Apr;59(4):225-8.
- 95. Graeber CP, Torres MB, Shields MB.**  
Central corneal thickness in a Puerto Rican population.  
*J Glaucoma.* 2008 Aug;17(5):356-60.

- 96. Eballe AO, Koki G, Ellong A**  
Central corneal thickness and intraocular pressure in the Cameroonian non glaucomatous population.  
*Clin Ophthalmol* 4:717-724.
- 97. Gelaw Y, Kollmann M, Irungu NM**  
The influence of central corneal thickness on intraocular pressure measured by goldmann applanation tonometry among selected Ethiopian communities.  
*J Glaucoma* 19(8):514-518.
- 98. Kim HY, Budenz DL, Lee PS**  
Comparison of central corneal thickness using anterior segment optical coherence tomography vs ultrasound pachymetry.  
*Am J Ophthalmol* 145:228-232.
- 99. Iyamu E, Kio F, Idu FK**  
The relationship between central corneal thickness and intraocular pressure in adult Nigerians without glaucoma.  
*Sierra Leone J Biomed Res(2010) ; 2:95-102.*
- 100. Iyamua E, Iyamub JE, Amadasun G.**  
Central corneal thickness and axial length in an adult Nigerian population.  
*J Optom* 6(2013).(3):154-160.
- 101. Forsius H, Maertens K, Fellman J.**  
Change of the eye caused by the climate in Rwanda, Africa.  
*Ophthalmic Epidemiol(1995) 2:107-113.*
- 102. Mohamed NY, Hassan MN, Ali NA**  
Central corneal thickness in Sudanese population.  
*Sud J Ophthalmol(2009) 1(1):29-32.*
- 103. Sardiwalla Z, Moodley D, Ndawonde T**  
A comparative study of central corneal thickness (CCT) and intraocular pressure (IOP) in University of KwaZulu-Natal students of Black and Indian ethnicity.  
*South Afr Optom (2012) 71(4):171-177.*

- 104. Dimasi DP, Burdon KP, Craig JE.**  
The genetics of central corneal thickness.  
*Br J Ophthalmol.* 2010;94:971-6.
- 105. Goldman H, Schmidt T. Uber**  
aplanationstonometrie.  
*Ophthalmologica.* 1957; 134:221-242.
- 106. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S.**  
Aplanation tonometry and central corneal thick- ness.  
*Acta Ophthalmol (Copenh).* 1975;53:34-43.
- 107. Johnson M, Kas MA, Moses RA,**  
Increased corneal thickness simu- lating elevated intraocular pressure.  
*Arch Ophthalmol.* 1978;96:664-665.
- 108. Doughty MJ, Zaman ML.**  
Human corneal thickness and its impact on intraocular pressure measures: a review and meta-analysis approach.  
*Surv Ophthalmol.* 2000; 44:367-408.
- 109. Whitacre MM, Stein RA, Hassanien K.**  
The effect of corneal thickness on appla- nation tonometry.  
*Am J Ophthalmol.* 1993;115:592-596.
- 110. H. Bresson-Dumont, A. Lehoux,**  
La tonométrie à air est-elle encore fiable ?,  
*Volume 1084, Issue 5502, 05/2007, Pages 7-81.*
- 111. Moseley MJ, Evans NM, Fielder AR.**  
Comparison of a new non-contact tonometer with Goldmann applanation.  
*Eye (Lond).* 1989;3.
- 112. Moseley MJ, Thompson JR, Deutsch J,**  
Comparison of the Keeler Pulsair 2000 non-contact tonometer with Goldmann applanation.  
*Eye (Lond).* 1993;7.

**113. Yücel AA, Stürmer J, Gloor B.**

Tonometrie mit dem Keeler Luft-Impuls Non Contact-Tonometer "Pulsair" und dem Applanationstonometer nach Goldmann [Comparison of tonometry with the Keeler air puff non-contact tonometer "Pulsair" and the Goldmann applanation tonometer].

*Klin Monbl Augenheilkd. 1990 Oct;197(4):329-34.*

**114. Hassan M, Rehman A, Abbas M,**

Relationship between central corneal thickness and intraocular pressure in selected Pakistani population.

*Pak J Ophthalmol 2010 26 79-82.*

**115. Shimmyo PN, Ross AJ, Moy A, Mostafavi R.**

Intraocular pressure, Goldmann applanation tension, corneal thickness, and corneal curvature in Caucasians, Asians, Hispanics and African-Americans.

*Am J Ophthalmol 2003 136 603-613.*

**116. Godar ST, Kaini KR, Khattri JB.**

Factors affecting the central corneal thickness in Nepalese population.

*Nepal J Med Sci 2012 1 7-10.*

**117. Eballe AO, Koki G, Ellong A,**

Central corneal thickness and intraocular pressure in the Cameroonian non-glaucomatous population.

*Clin Ophthalmol 2010 4 717-724.*

**118. Gelaw Y, Kollmann M, Irungu NM,**

The influence of central corneal thickness on intraocular pressure measured by Goldmann applanation tonometry among selected Ethiopian communities.

*J Glaucoma 2010 19 514-518.*

**119. Iyamu E, Kio F,**

The relationship between central corneal thickness and intraocular pressure in adult Nigerians without glaucoma.

*Sierra Leone J Biomed Res 2010 2 95-102.*

120. **Gelaw Y, Kollmann M,**  
The influence of central corneal thickness on intraocular pressure measured by Goldmann applanation tonometry among selected Ethiopian communities.  
*J Glaucoma* 2010 19 514–518.
121. **Eysteinnsson T, Jonasson, Fasaki H,**  
Central corneal thickness, radius of the corneal curvature and intraocular pressure in normal subjects using non–contact techniques, Reykjavik Eye Study.  
*Acta Ophthalmol* 2002 80 11–15.
122. **Labbé A.** Anatomie de la tête et de la portion antérieure du nerf optique. Rapport SFO 2014 : chap6 fig6–1.
123. **Anatomie de l'oeil.** Disponible sur :  
(<https://www.optoplus.com/sante/anatomie-de-l-oeil/>)
124. **La Cornée.** Disponible sur :  
(<http://www.mediris.com/oeil-et-ses-experts/oeil-et-sa-fonction/lanatomie-de-oeil/la-cornee>)
125. **Structure du film lacrymal. fig1.7** Disponible sur :  
(<http://monde.ccdmd.qc.ca/ressource/?id=54129>)
126. **Coupe histologique de la cornée humaine : anatomie de la cornée fig2** Disponible sur :  
(<https://theses.univ-oran1.dz/document/1012014001t.pdf>)
127. **Pipparelli, Aurélien. (2010). Contribution to the study of the cycle of human corneal endothelial cell. Fig 30** Disponible sur :  
([https://www.researchgate.net/publication/281532603\\_Contribution\\_to\\_the\\_study\\_of\\_the\\_cycle\\_of\\_human\\_corneal\\_endothelial\\_cell](https://www.researchgate.net/publication/281532603_Contribution_to_the_study_of_the_cycle_of_human_corneal_endothelial_cell))
128. **Surface oculaire et greffes de cornée. Fig 12–12** Disponible sur :  
([https://www.em-consulte.com/em/SFO/2015/html/file\\_100024.html](https://www.em-consulte.com/em/SFO/2015/html/file_100024.html))



# قسم الطبيب

بِاللَّهِ الْعَظِيمِ

أُقْسِمُ

أَنْ أُرَاقِبَ اللَّهَ فِي مِهْنَتِي.

وَأَنْ أَصُونَ حَيَاةَ الْإِنْسَانِ فِي كَافَّةِ أَطْوَارِهَا فِي كُلِّ الظُّرُوفِ  
وَالْأَحْوَالِ بِإِذْنِ اللَّهِ وَسَعْيِي فِي إِنْقَادِهَا مِنَ الْهَلَاكِ وَالْمَرَضِ  
وَالْأَلَمِ وَالْقَلْقِ.

وَأَنْ أَحْفَظَ لِلنَّاسِ كِرَامَتَهُمْ، وَأَسْتُرَ عَوْرَتَهُمْ، وَأَكْتُمَ سِرَّهُمْ.  
وَأَنْ أَكُونَ عَلَى الدَّوَامِ مِنْ وَسَائِلِ رَحْمَةِ اللَّهِ، بِإِذْنِ رِعَايَتِي الطَّبِيبَةَ لِلْقَرِيبِ  
وَالْبَعِيدِ، لِلصَّالِحِ وَالطَّالِحِ، وَالصَّدِيقِ وَالْعَدُوِّ.

وَأَنْ أَتَأْبِرَ عَلَى طَلَبِ الْعِلْمِ، وَأَسَخَّرَهُ لِنَفْعِ الْإِنْسَانِ لَا لِأَذَاهِ.  
وَأَنْ أَوْقِرَ مَنْ عَلَّمَنِي، وَأُعَلِّمَ مَنْ يَصْغُرَنِي، وَأَكُونَ أَخًا لِكُلِّ زَمِيلٍ فِي الْمِهْنَةِ الطَّبِيبَةِ  
مُتَعَاوِنِينَ عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَى.

وَأَنْ تَكُونَ حَيَاتِي مِصْدَاقَ إِيمَانِي فِي سِرِّي وَعَلَانِيَتِي، نَقِيَّةً مِمَّا يُشِينُهَا تَجَاهَ  
اللَّهِ وَرَسُولِهِ وَالْمُؤْمِنِينَ.

وَاللَّهِ عَلَى مَا أَقُولُ شَهِيدٌ



# دراسة السماكة المركزية للقرنية لدى ذوي ضغط العين الطبيعي لفائدة ساكنة جنوب المغرب

## الأطروحة

قدمت ونوقشت علانية يوم 2022/06/07

من طرف

**السيد فاروق الشديري**

المزداد في 03 غشت 1992 بسلا

**لنيل شهادة الدكتوراه في الطب**

الكلمات الأساسية :

سمك القرنية - قياس ثبات القرنية - توتر العين - ضغط العين الطبيعي

## الجنة

الرئيس	السيد	ع. جليل
المشرف	السيد	ش. الواية
الحكام	السيد	ع. بوزردة
	السيدة	س. بلغميدي
عضو مساعد	السيد	ع. مستعين

