



Royaume du Maroc المملكة المغربية

كلية الطب والصيدلة
+024401+ I +01ΣIIΣ+ Λ +0.0X0+
FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE

Année 2021

Thèse N°329/21

**QUALITE DE VIE DES PORTEURS DE LENTILLES DE CONTACT POUR KERATOCONE :
VERSION ARABE DU QUESTIONNAIRE « CLIQ »**

THESE

PRESENTÉE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 24/12/2021

PAR

Mme. Amira BOUAYAD

Née le 27 Juin 1995 à Fès

POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MÉDECINE

MOTS-CLÉS :

Kératocône - Lentille de contact - Qualité de vie - Score CLIQ

JURY

M. BENATIYA ANDALOUSSI IDRIS.....	PRESIDENT ET RAPPORTEUR
Professeur d'Ophtalmologie	
Mme. ABDELLAOUI MERIEM	} JUGES
Professeur d'Ophtalmologie	
Mme. EL RHAZI KARIMA.....	
Professeur de Médecine communautaire	
M. CHRAIBI FOUAD.....	
Professeur Agrégé d'Ophtalmologie	
Mme. EL BAHLOUL MERIEM.....	MEMBRE ASSOCIÉE
Professeur Assistant d'Ophtalmologie	

PLAN

LISTE DES ABREVIATIONS	5
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES TABLEAUX	12
INTRODUCTION	13
MATERIEL ET METHODES	16
I. Le cadre de l'étude:.....	17
II. Le recrutement des patients :	17
III. Technique d'adaptation selon la lentille utilisée.....	18
IV. Le recueil des données :	22
V. La Saisie et l'analyse statistique:	24
RESULTATS	25
I. Caractéristiques épidémiologiques de la population étudiée :	26
II. Caractéristiques cliniques :.....	29
1. Acuité visuelle initiale.....	29
2. Kératométrie maximale... ..	30
3. Latéralité de l'atteinte.....	30
4. Stade du kératocone.....	30
5. Type de lentilles de contact utilisées.....	31
6. Acuité visuelle finale.....	32
7. Durée de port journalier.....	35
III. Questionnaire de qualité de vie CLIQ :	36
1. Analyse descriptive.....	36
2. Analyse bi-variée.....	36
DISCUSSION	39
I. Rappel embryologique et anatomo-physiologique de la cornée.....	40
1. Embryologie de la cornée.....	40

2. Anatomie de la cornée.....	42
3. Physiologie de la cornée.....	54
4. Film lacrymal.....	66
II. Le Kératocône:	68
1. Généralités.....	68
2. Physiopathologie.....	72
3. Diagnostic Positif.....	74
4. Classifications.....	90
5. Formes Cliniques.....	97
6. Diagnostic différentiel.	97
7. Prise en charge du kératocône.....	99
III. Lentille de contact et traitement du kératocône.....	108
1. Historique.....	108
2. Matériaux des lentilles de contact pour kératocône	109
3. Propriétés des matériaux des Lentilles de contact.	113
4. Géométries des lentilles de contact.....	115
5. L'adaptation d'un kératocône	123
6. Contrôle de l'adaptation.....	141
7. Entretien des Lentilles de contact.....	143
8. Complications liées à l'adaptation du kératocone en lentilles de contact...	145
IV. Qualité de vie et ophtalmologie.	151
1. Notion de qualité de vie.....	151
2. Moyens d'évaluation de la qualité de vie....	152
3. Impact des lentilles de contact sur la qualité de vie :CLIQ.....	154

V. Comparaison de nos résultats avec les principales séries de la littérature.....	155
CONCLUSION.....	159
RESUME.....	161
ANNEXES.....	167
REFERENCES.....	175

LISTE DES ABREVIATIONS

ACT	: Technologie cornéenne asymétrique
A-CXL	: Cross linking accéléré
AR	: Astigmatisme résiduel
ARC	: Rayon de courbure antérieur
AV	: Acuité visuelle
BAD	: Belin ambrosia display
BDVA	: Acuité visuelle corrigée de la meilleure distance
BFS	: Best fit sphere
BFTE	: Best Fit Toric Ellipsoid
BUT	: Break up time
CBI	: Corvis biomechanical index
CCZ	: Central clearance zone
CLARE	: Contact Lens Acute Red Eye
CLEK	: Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus
CLIQ	: contact lens impact on quality of life
CLPU	: Contact Lens Induced Peripheral Ulcer
CNRK	: Centre national de référence du kératocône
CRF	: Corneal resistance factor
CXL	: Cross linking
Dk	: Perméabilité à l'oxygène
Dk/e	: Transmissibilité à l'oxygène
DMP	: Dégénérescence marginale pellucide
FDA	: Food and drug administration
F-S/A	: Fluoro-silicone/acrylate
GPC	: Conjonctivite géantopapillaire
HEMA	: Hydroxyéthylméthacrylate

HRMac : High resolution macroscopy

HSV : Herpes simplex virus

IK : Infiltrative keratitis

KK : Kératocône

KLAP : Kératoplastie lamellaire antérieure profonde

Km : kératométrie moyenne

KT : Kératoplastie transfixiante

LASIK : Laser in situ keratomilleusis

LC : Lentille de contact

LCS : Lentille de contact sclérale

LCZ : Limbal Clearance Zone

LRPG : Lentille rigide perméable au gaz

LS : Lentille souple

OCT : tomographie en cohérence optique

ORA : ocular response analyzer

Pach : Pachymétrie

PCCZ : Peripheral corneal Clearance Zone

PCR : Polymérase chain reaction

PIO : pression intra oculaire

PMMA : Polymethylmethacrylate

PRC : Rayon de courbure postérieur

QdV : Qualité de vie

R0 : Rayon de courbure

S/A : Silicone Acrylate

SICS : Solution Induced Corneal Staining

SLZ : Scleral Landing Zone

SRAX : Skewed radial axis

TBI : Tomographic biomechanical index

UVA : Ultraviolet A

ZOC : Zone optique centrale postérieure

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Boîtes d'essai des LRPG utilisées dans notre étude

Figure 2 : Boîtes d'essai des lentilles sclérales utilisées dans notre étude

Figure 3 : La répartition des patients selon le sexe

Figure 4 : Répartition des patients équipés par tranche d'âge

Figure 5 : Répartition des patients selon leur niveau socio-économique

Figure 6 : Répartition des patients selon leurs antécédents médicaux

Figure 7 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle initiale de l'œil droit

Figure 8 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle initiale de de l'œil gauche

Figure 9 : Répartition des différents stades du kératocône au niveau de l'œil droit et gauche

Figure 10 : Répartition de pourcentage des patients selon le type de lentilles de contact utilisé

Figure 11 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle après équipement par lentilles de l'œil droit

Figure 12 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle après équipement par lentilles de l'œil gauche

Figure 13 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle en LogMar de l'œil droit avant et après équipement par Lentilles de contact.

Figure 14 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle en LogMar de l'œil gauche avant et après équipement par Lentilles.

Figure15 : Répartition de pourcentage des patients en fonction de leur temps de port journalier

Figure16 : Corrélation entre le score de qualité de vie CLIQ et le temps de port journalier (N=30)

Figure17 : Formation embryonnaire de la cornée.

Figure 18 : Schéma du segment antérieur de l'œil.

Figure 19 : Schéma montrant les différentes couches de la cornée.

Figure 20 : Schéma tridimensionnel de l'épithélium cornéen.

Figure 21: Schéma en micrographie lumineuse montrant la couche de Bowman et le stroma antérieur.

Figure 22 :Schéma montrant les Kératocytes avec leurs expansions cytoplasmiques.

Figure 23 : a- Image HRMac (high-resolution microscopy) d'une coupe vibratome de cornée de lapin.

b-: Schéma représentant l'organisation des lamelles de collagène au sein du stroma.

Figure 24: Microscopie spéculaire montrant la mosaïque endothéliale.

Figure 25 :Anatomie du limbe chirurgical.

Figure 26 : Innervation de la cornée.

Figure 27 : Réfraction de la lumière par la cornée.

Figure 28 : Schéma montrant la disposition de lamelles dans le stroma.

Figure 29 : Régulation de l'hydratation stromale.

Figure 30 : A et B. Évaluation de la biomécanique des cornées droite A et gauche B d'un même patient avec l'*Ocular Response Analyzer* (Reichert).

Figure 31: Schéma montrant des niches de cellules souches limbiques.

Figure 32 : Protrusion conique centrale de la cornée.

Figure 33 : Anneau de Fleischer.

Figure 34 : Stries de Vogt.

Figure 35 : Cicatrices superficielles réticulaires par ruptures de la couche de Bowman.

Figure 36 : Cicatrice descemetique profonde après poussée de kératocône aigu.

Figure 37 : Schématisation des différentes anomalies topographiques les plus fréquemment retrouvées en cas de kératocône dans la carte sagittale antérieure

Figure 38 : Image OCT étayant les différentes couches cornéennes ainsi que les cartes pachymétriques.

Figure 39 : Cartes de pachymétrie, d'épaisseur épithéliale et stromale des yeux normaux et kératocône infra clinique.

Figure 40 : Aberrométrie de l'œil adelphe d'un kératocône (kératocône fruste).

Figure 41 : Hystérèse cornéenne mesurée par l'analyseur de la réponse oculaire.

Figure 42 : Principe de L'analyseur de réponse oculaire.

Figure 43 a : Topographie de l'œil droit et gauche d'une ectasie cornéenne asymétrique avec une topographie normal en OD et KK stade 2 en OG.

Figure 43 b : Evaluation biomécanique topographique de l'œil droit avec un TBI et CBI anormaux.

Figure 44 : Classification de Krumeich.

Figure 45 : Topographie cornéenne de l'œil gauche d'un KK stade 1.

Figure 46 : Topographie cornéenne OG d'un KK stade 2.

Figure 47 : Topographie cornéenne OG d'un KK stade 3.

Figure 48:Topographie cornéenne OD d'un KK stade 4.

Figure 49 : Classification OCT du kératocône basée sur les modifications des couches cornéennes au niveau du cône.

Figure 50 : La nouvelle classification ABCD du kératocône.

Figure 51 : Représentation graphique des 4 paramètres de la classification ABCD.

Figure 52 : CXL standard.

Figure 53 : Anneau intra-cornéen en PMMA.

Figure 54 : Arbre décisionnel de prise en charge du kératocône.

Figure 55 : Classification des lentilles hydrogels selon FDA.

Figure 56 : Géométrie d'une lentille souple torique.

Figure 57 : Les profils cornéo-scléaux selon Meier.

Figure 58: Axial Edge Lift d'une lentille.

Figure 59 : Face antérieure d'une LRPG.

Figure 60 : Géométrie de la lentille sclérale sphérique.

Figure 61 : Adaptation centrale ou apicale.

Figure 62 : Différents types de dégagements périphériques.

Figure 63 : Les différents niveaux d'ACT.

Figure 64 : Image Fluo d'une lentille Rose K₂ bien adaptée, avec un aspect « en cocarde ».

Figure 65 : Adaptation en LRPG après anneau intra cornéen.

Figure 66 : Guidelines du fabricant (marque LCS ICD®) pour le choix de la flèche de la première lentille sclérale.

Figure 67 : Matériel pour la manipulation d'une lentille sclérale.

Figure 68 : Adaptation d'une lentille sclérale.

Figure 69 : Une coupe fine montrant les différents éléments à considérer en adaptation.

Figure 70 : Image Fluo de la zone cornéenne centrale.

Figure 71 : Évaluation de la zone de clairance limbique.

Figure 72: Évaluation de la zone d'appui sclérale.

Figure 73: Blanchiment périphérique (Flèche) en rapport avec un appui scléral important.

Figure 74 : Adaptation en Piggy-back.

Figure 75 : Étapes d'entretien des lentilles de contact lors de la pose.

Figure 76: Étapes d'entretien des lentilles de contact lors du retrait.

Figure 77 : Aspect typique d'un infiltrat périphérique non infectieux induit par les lentilles de contact.

Figure 78: Solution Induced Corneal Staining (SICS).

Figure 79 : Des exemples de questionnaires de qualité de vie générique et spécifique.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : La moyenne des kératométries maximales.

Tableau 2 : Effectif et pourcentage des stades du kératocône au niveau de l'œil droit et gauche

Tableau 3 : Nombre des yeux selon la latéralité de l'équipement.

Tableau 4 : Résultats globaux du score CLIQ.

Tableau 5 : Association du score CLIQ avec l'âge, sexe, niveau socio-économique, Kmax et type de lentilles.

Tableau 6: Critères pouvant être pris en compte pour poser l'indication de cross-linking.

Tableau 7 : Les géométries disponibles pour les LC torique.

Tableau 8 : Les principales caractéristiques épidémiologiques des études de QdV des patients kératocôniques adaptés en lentilles de contact.

Tableau 9 : les principaux résultats fonctionnels des études portant sur les différents types de lentilles de contact.

Tableau 10 : Comparaison du temps moyen de port des Lentilles de contact et le score CLIQ moyen entre différentes études.

INTRODUCTION

Le kératocône est une maladie cornéenne dégénérative se manifestant par une protrusion non inflammatoire et un amincissement de la cornée dans sa région axiale, donnant à la cornée l'aspect de cône[1]. Il entraîne une diminution de l'acuité visuelle du fait de la survenue de myopie et d'astigmatisme irrégulier ainsi que l'apparition d'opacités cornéennes à un stade avancé[2]. L'origine de cette maladie est multifactorielle et le facteur de risque le plus impliqué dans sa pathogénie est le frottement des yeux. Toutefois, une composante génétique est irréfutable[3].

La maladie se déclare classiquement à l'adolescence et évolue progressivement pour se stabiliser entre la troisième et la quatrième décennie.

L'évolution est souvent difficilement prévisible et asymétrique.

La prise en charge des patients porteurs de kératocônes a été redéfinie par la conférence de consensus de 2015. Elle est centrée sur la réhabilitation visuelle, qui fait appel aux lunettes et lentilles de contact et dans une moindre mesure, aux anneaux intra-cornéens et à la greffe de cornée.

Le second axe de cette prise en charge vise à arrêter la progression du kératocône. Ainsi, lorsque le kératocône est évolutif, Le cross-linking du collagène cornéen a pour but de « rigidifier » une cornée biomécaniquement instable pour stabiliser la maladie [4] . D'autre part, le frottement oculaire est un élément majeur dans l'évolutivité des kératocônes. Un traitement par collyre antiallergique doit être prescrit en cas d'allergie.[5]

La contactologie est un pilier majeur de la réhabilitation visuelle des kératocônes[5]. La grande diversité des formes cliniques, des stades et de la morphologie des kératocônes, a pour conséquence que toutes les lentilles ont leur place dans la prise en charge optique de cette pathologie[5].

Grâce à un large choix de paramètres et de géométries disponibles, il est actuellement possible d'adapter avec succès la très grande majorité des patients porteurs de kératocônes, même les plus avancés.

Dernièrement, une grande attention est portée à la qualité de vie en tant qu'un résultat et qu'un autre moyen de mesure ; en plus de l'acuité visuelle ; de l'efficacité d'un traitement ou d'une prise en charge. D'où le développement de nombreux questionnaire pour évaluer cet aspect dans plusieurs atteintes ophtalmologiques.

Le questionnaire sur l'impact des lentilles de contact sur la qualité de vie (Contact Lens Impact on Quality of Life "CLIQ") est un instrument spécifique qui n'a pas fait l'objet d'études approfondies. Cependant, sa fiabilité et sa validité ont été établies pour les patients porteurs de lentilles de contact sans autres problèmes ophtalmologique.

Le questionnaire CLIQ a été développé par Pesudovs [6] et ciblait les adultes nécessitant une correction pour réhabilitation visuelle ne présentant aucun autre problème oculaire. Ce questionnaire comporte 28 items explorant l'impact des lentilles de contact sur la qualité de vie des patients en analysant différents paramètres.[7]

L'objectif de notre étude est la validation de la version arabe du questionnaire « CLIQ », et d'évaluer la qualité de vie des porteurs de lentilles de contact pour Kératocône.

MATERIELS

ET METHODES

I. Le cadre de l'étude :

Nous avons mené une cohorte rétro et prospective incluant des patients kératocôniques ayant consulté en consultation spécialisée « Cornée et Surface oculaire » au CHU Hassan II de Fès et Tanger-Tétouan-Al houceima, et nécessitant une adaptation en lentilles de contact entre Novembre 2020 et Septembre 2021.

II. Le recrutement des patients :

Ils sont inclus dans l'étude, les patients diagnostiqués de kératocône, adaptés en lentilles rigides gaz perméables "LRGP" ou en lentilles de contact sclérales "LCS" et suivi en consultation spécialisée. Nous avons exclu tous les yeux ayant :

- Antécédents de chirurgie cornéenne incluant une kératoplastie transfixiante.
- Antécédents d'infections oculaires, ou de toute autre pathologie oculaire pouvant influencer les résultats d'adaptation en lentilles de contact.
- Un suivi moins de 1 mois pour les patients porteurs de lentilles de contact.

Les indications pour l'adaptation en lentilles de contact étaient une AV insuffisante par verres correcteurs ou une insatisfaction du patient liée aux aberrations optiques secondaire au kératocône.

III. Technique d'adaptation selon la lentille utilisée :

Les patients ont été adaptés par deux types de lentille à haut DK dédiés à la correction du kératocône :

- Les lentilles rigides gaz perméables (LRGP), en utilisant les deux boites d'essai disponible au service : la Rose K2 (laboratoire Menicon®) et la AirKone (laboratoire LCS®). (Figure 1)



Figure 1 : Boites d'essai des LRGP utilisées dans notre étude

- Les lentilles de contact sclérales (LCS) avec un diamètre de 15 mm ou 16.5 mm en utilisant la boite AKS sclérale du laboratoire LCS. (Figure 2)



Figure 2 : Boites d'essai des lentilles sclérales utilisées dans notre étude

Chez nos patients, nous avons indiqué en première intention les LRGP, sauf si le malade a un kératocône stade IV, s'il n'a pas toléré les LRGP ou s'il a un kératocône confirmé sur un œil et fruste sur l'œil adelphe ; pour un meilleur confort ; nous avons proposé les LCS.

1. Les LRPG :

L'adaptation des yeux kératocôniques était faite comme suit :

i. Choix du rayon r0 de la première lentille :

Le choix de la première lentille dépend du stade du kératocône.

Le choix du rayon de courbure R0 peut se faire en le calculant selon la formule de Malet.

$$R_0 = (0,741 \times K_m) + 2,00$$

Ce choix peut se faire aussi en se basant sur les règles d'adaptation du fabricant, par exemple c'est la kératométrie moyenne pour les lentilles Airkone® du laboratoire LCS et pour Rosek2 de Menicon® selon une formule développée par le laboratoire : $R_0 = K_m - 0.10$.

a) Évaluation de l'adaptation centrale :

Après instillation d'une goutte de fluorescéine on attend une minute, et on demande au patient de cligner plusieurs fois, avant de juger l'image fluorescéinique. Sous éclairage en lumière bleue, il faut toujours analyser l'image fluorescéinique la lentille centrée. Un léger appui apical est souhaitable.

- Si le contact au centre est très important, cela veut dire que la lentille est plate, donc il faut diminuer le r0.
- Si le contact au centre est très faible, la lentille est serrée donc, il faut augmenter le r0.

b) Évaluation de la périphérie :

Après validation de l'adaptation centrale, on évalue l'alignement périphérique ou Edge Lift (EL) sur le méridien horizontal, et on cherche à obtenir une bande de fluorescéine répartie uniformément et sans décollement de 0,5 mm à 0,7 mm.

Les lentilles d'essai de 1^{ère} intention étant fabriquées avec un dégagement périphérique Standard, il faut alors augmenter ou diminuer l'aplatissement périphérique pour obtenir la largeur de bande fluorescéine souhaitée lors de la prescription.

- Si la fluorescéine périphérique est trop fine ($< 0,6$ mm), il faut prescrire : EL + 0,5 ou +1,0.
- Si la fluorescéine périphérique est trop large ($> 0,8$ mm), EL convenable est - 0,5.

Pour les périphéries où l'on observe trop de soulèvement à 6h et 12h et trop peu à 3h et 9h, nous préférons une lentille à dégagement torique (TP). Pour un décollement significatif autour de 6h, on ajoute l'option ACT (technologie cornéenne asymétrique).

c) La sur-réfraction et la détermination de la puissance finale :

Après avoir réalisé une adaptation optimale, on détermine par la suite la puissance réfractive.

On réalise à ce moment une réfraction sur la lentille et puis on fait l'essai de correction.

Il est possible de ne pas corriger un léger astigmatisme résiduel, mais il faut noter que la réfraction doit être ramenée à la distance verre-œil si elle dépasse un équivalent sphérique de 4,0 D.

2. Les lentilles sclérales :

L'adaptation en LCS était faite en suivant 4 étapes :

a) Le choix de la flèche de la lentille d'essai :

Puisque la lentille passe en pont en dessus de la cornée, les mesures kératométriques ainsi que la topographie cornéenne ne sont pas d'un grand intérêt. En pratique, La flèche était choisie selon les guides d'adaptation fournis par le fabricant, et cela diffère selon le motif de l'adaptation.

b) La pose de la lentille :

La lentille doit être remplie par le sérum physiologique avec la fluorescéine, la pose s'effectue à l'aide d'une ventouse large, en position tête penchée en avant, paupières bien écartées. La lentille doit être mis en place sans bulles.

c) Évaluation à la lampe à fente :

➤ Évaluation du dégagement cornéen central :

Après la pose, nous avons évalué la zone de dégagement central (CCZ) de la lentille d'essai, celle-ci ne doit pas dépasser les 300–400 μm , ensuite nous avons analysé la zone d'appui scléral (SLZ) qui doit s'aligner avec la conjonctive sur 360° autour de la sclérotique.

➤ A 1 heure après la pose :

- ✚ Zone de clairance centrale « CCZ » : nous nous sommes assurés du réservoir de larme post lentille et qu'il n'y avait pas d'appui au niveau de cette zone.
- ✚ Zone de clairance limbique « LCZ » : nous nous sommes assurés qu'il n'y avait pas un contact entre la lentille d'essai et le limbe, la fluorescéine doit passer à travers le limbe à la partie juxta-limbique de la sclère. Une LCZ modifiée était prescrite, si des changements de la zone de clairance limbique étaient nécessaires.

- ✚ Zone d'appui scléral « SLZ » : nous avons évalué s'il existe une élévation excessive des bords de la lentille ou un serrage excessif (blanchissement). Une SLZ modifiée était prescrite, si des changements de bord étaient nécessaires.

d) Sur-réfraction et la détermination de la puissance finale de la lentille :

La sur-réfraction se fait de la même manière que les LRPG.

3. Les modalités de suivi :

Le premier contrôle après port de lentille s'est fait à une semaine généralement en fin de journée, à 1 mois par la suite, à 6 mois et puis tous les ans.

IV. Le recueil des données :

Pour chaque patient, nous avons recueilli : l'âge, le sexe, le niveau socio-économique, l'existence d'antécédents personnels et familiaux et le mode de correction initial.

Pour chaque œil ont été recueillis les données suivantes : l'acuité visuelle avant et après adaptation en lentilles, l'examen clinique du segment antérieur et le fond d'œil, les données de la topographie cornéenne notamment le stade du kératocône, la kératométrie maximale, le type de la lentille utilisée.

Nous avons défini un niveau socio-économique bas ou fondamental avec un revenu moyen annuel par personne de 7871,5DH, moyen ou secondaire avec un revenu de 18288,7DH et élevé ou supérieur avec un revenu de 26541,2DH ;selon la direction de la Statistique, ENNVM 1998/99[8]

Après équipement en lentille de contact, nous avons analysé la tolérance à ces lentilles par le recueil de la durée moyenne de port journalier des lentilles de contact.

L'impact du port de lentille de contact sur la qualité de vie a été évalué par la version arabe du questionnaire "CLIQ". Ce dernier est un questionnaire de qualité de vie, comprenant 28 questions, chacune d'elles a 5 choix de réponses. Les questions de 1 à 20 évaluent l'impact de l'équipement des patients par des lentilles de contact sur leurs activités quotidiennes, leurs symptômes oculaires, leur fonction visuelle, ainsi que d'autres paramètres psychométriques. Alors que, la deuxième partie des questions de 21 à 28 s'intéresse au sentiment de bien-être en rapport avec le port des lentilles.

La qualité de vie est mesurée objectivement par le score "CLIQperson" qui se calcule à partir du score "CLIQ brut" lui-même à partir des notes attribuées à chaque réponse, selon les recommandations des auteurs qui ont développés le score [6].

Pour la première partie des questions de 1 à 20, la note attribuée à chaque réponse varie de 3 à 5 ; une note basse signifie une meilleure qualité de vie ; ainsi pour les choix de réponses (1, 2, 3, 4 et 5) les notes données sont (5, 4, 3, 3 et 3). En ce qui concerne la seconde partie du questionnaire de Q21 à Q28, la notation varie entre 2 et 5, de telle sorte qu'une bonne note est liée un sentiment de bien-être. Donc pour les choix de réponses (1, 2, 3, 4 et 5) les notes équivalentes sont (2, 2, 3, 4 et 5). La moyenne des notes attribuées aux 28 questions représente le score "CLIQ brut".

La formule suivante : **CLIQperson = 34.41 × log (CLIQ score brut/5 - CLIQ score brut) + 26.69** est utilisée pour mesurer le score "CLIQperson" à partir du score "CLIQ brut". Ce score final varie entre 0 (mauvaise qualité de vie) et 100 (bonne qualité de vie).

La traduction du questionnaire en langue arabe était faite par deux traducteurs. Afin d'approuver sa validité, une contre-traduction en sa langue originale était faite également par deux autres traducteurs.

Toutes ces données recueillies ont été consignées sur une fiche d'exploitation annexées à la fin de ce travail.

V-Saisie et Analyse statistique :

La saisie des données recueillies était faite sur Excel et l'objectif était de calculer le pourcentage des patient ayant amélioré leur acuité visuelle après port de lentille de contact , de déterminer de façon quantitative cette amélioration fonctionnelle en comparant les moyennes d'acuité visuelle avant et après équipement par lentille et l'évaluation de la tolérance à travers le calcul du nombre moyen d'heures de port de ces lentilles, ainsi que l'appréciation de la qualité de vie en chiffrant la moyenne du score CLIQ.

L'analyse statistique a été effectuée à l'aide du logiciel SPSS. Les variables quantitatives ont été décrites en termes de moyenne et d'écart type, les variables qualitatives en pourcentage et effectifs.

La comparaison des moyennes a été faite par le test t de Student et ANOVA. Et le test de corrélation linéaire de Pearson pour détecter la présence ou l'absence d'une relation linéaire entre deux variables quantitatives, et mesurer l'intensité de cette relation.

Une probabilité p inférieure à 5% a été considérée comme significative.

RESULTATS

1- Caractéristiques épidémiologiques de la population étudiée :

Cette étude cohorte rétro et prospective a permis d'inclure 52 yeux de 30 patients dont 25 femmes et 5 hommes (figure 3). L'âge moyen de la population était de 28 ± 7 ans avec des extrêmes allant de 14 ans à 50 ans. La moitié des patients équipés était située dans la tranche d'âge 20-30ans (Figure4).

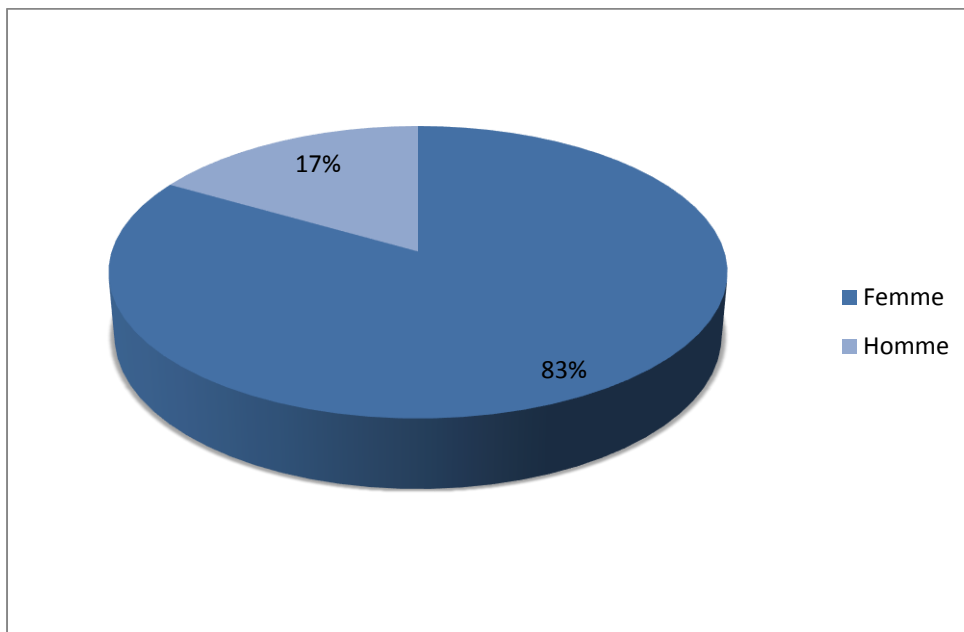


Figure 3 : Répartition des patients selon le sexe

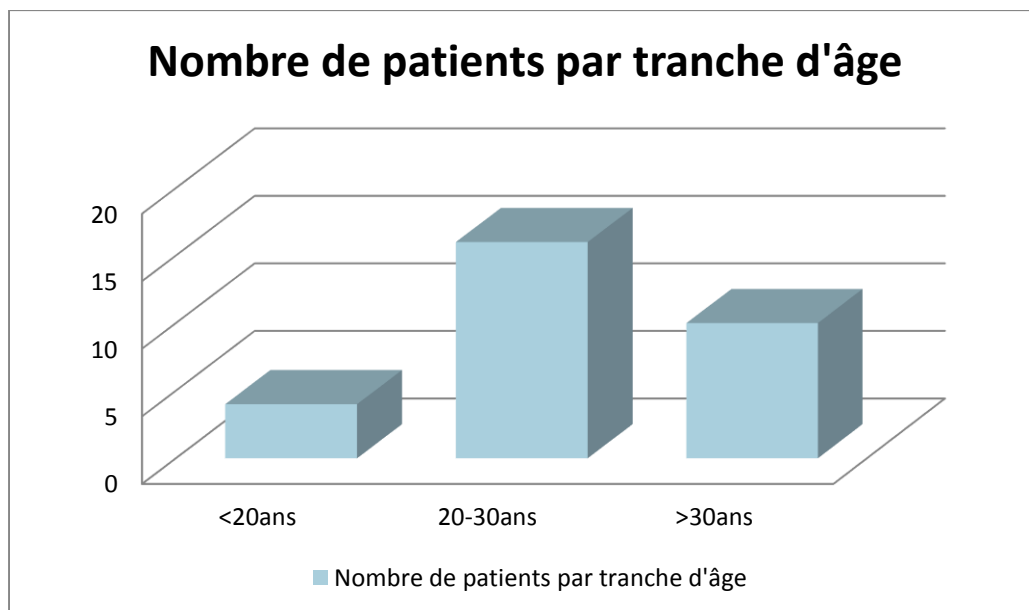


Figure 4 : Répartition des patients équipés par tranche d'âge

La majorité de nos malades étaient de niveau socio-économique moyen (70%) avec seulement une minorité de haut et bas niveau socio-économique (16.7% et 13.3% successivement). (Figure 5)

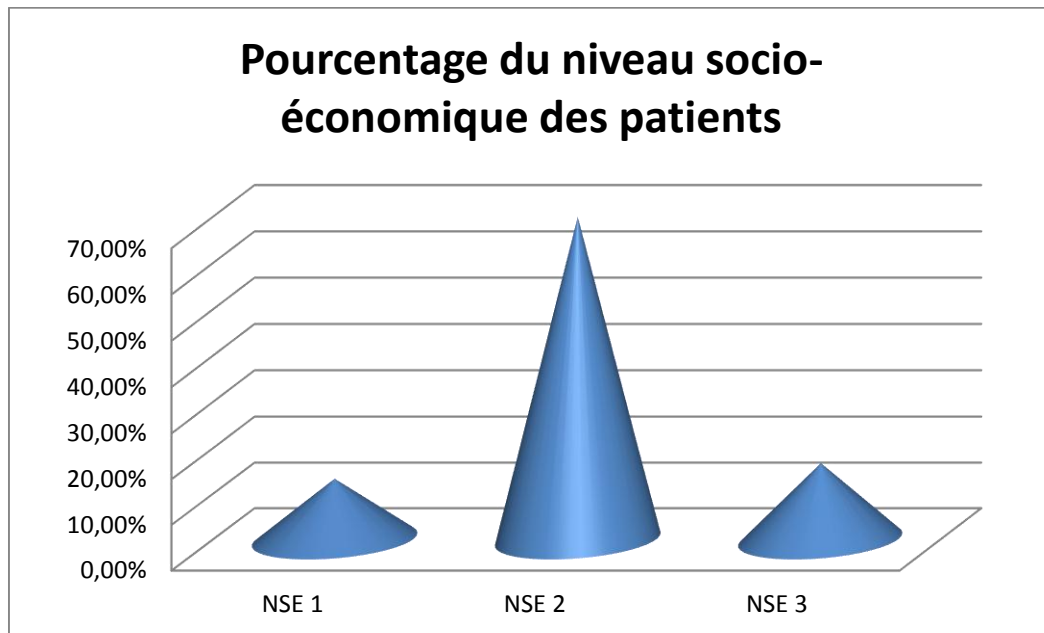


Figure 5 : Répartition des patients selon leur niveau socio-économique

NSE : Niveau socio-économique

Parmi la totalité de nos patients, 16.7 % de sujets avaient un antécédent de correction optique avec des lentilles de contact, alors que 60 % d'entre eux avaient une conjonctivite allergique sous traitement et 23.3% n'avaient aucun antécédent médical (Figure 6).

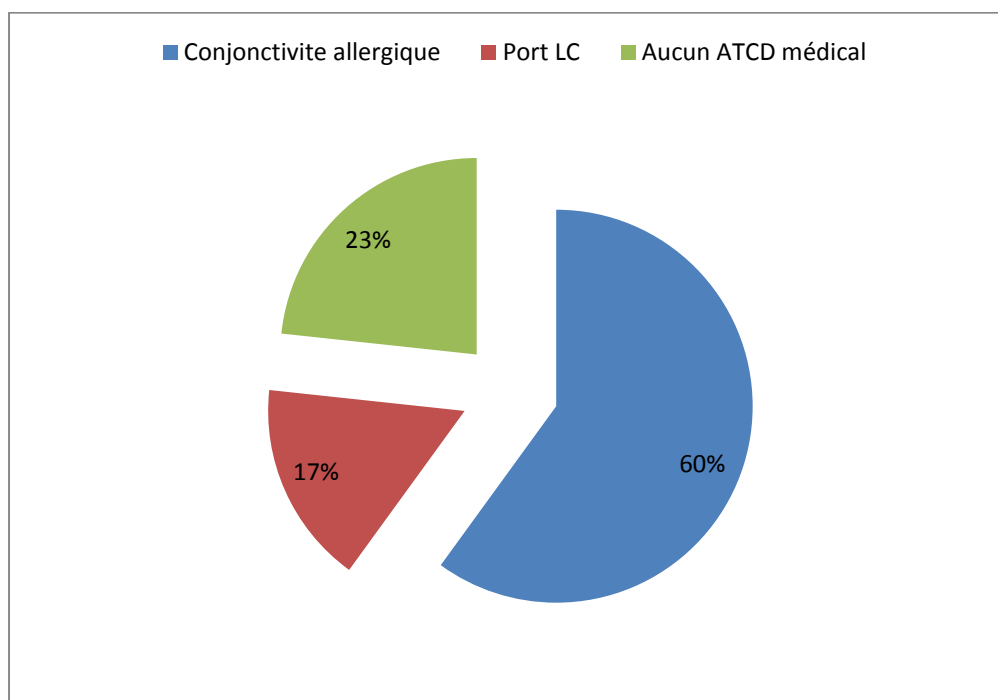


Figure 6: Répartition des patients selon leurs antécédents médicaux

2- Caractéristiques cliniques :

2.1- Acuité visuelle initiale :

L'acuité visuelle initiale était $\leq 1/10$ au niveau de 44 % et 30.76% des yeux droits et gauches respectivement. Alors qu'elle était $> 1/10$ successivement au niveau de 56% et 69.23% des des yeux droit et gauche. (Figure 7,8)

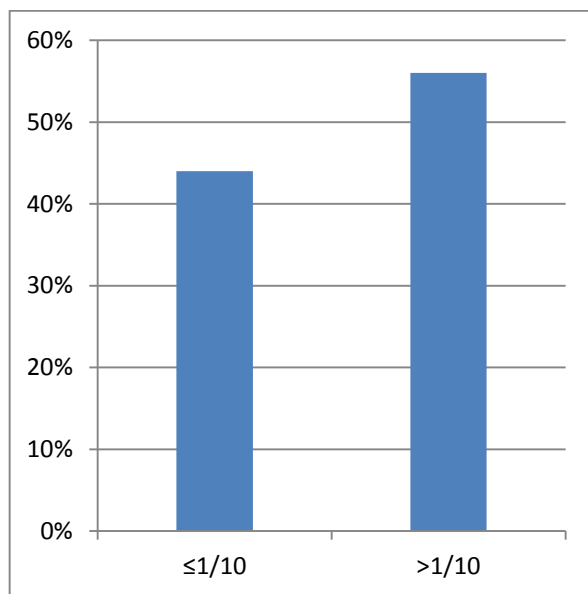


Figure 7 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle initiale de l'œil

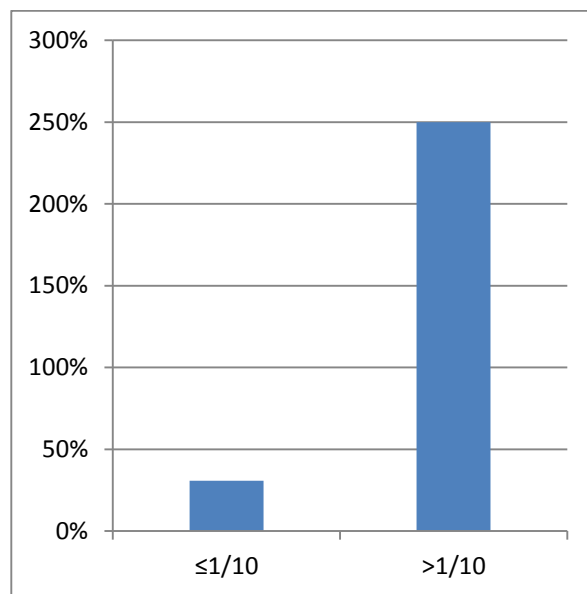


Figure 8 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle initiale de l'œil gauche.

2.2-Kératométrie maximale (Kmax) :

Les moyennes des kératométries maximales sont représentées dans le tableau suivant (Tableau 1).

Tableau 1 : La moyenne des kératométries maximales

Kmax	Moyenne	Ecart type	Minimum	Maximum
OD	60.72	12.38	43.5	89.9
OG	58.01	11.36	43.3	92.1

2.3-Latéralité de l'atteinte :

Le kératocône était bilatéral chez 26 patients (86.7%). L'atteinte unilatérale est retrouvée chez 4 patients (13.3%).

2.4-Stade du kératocône :

La majorité des patients présentaient un kératocône stade 2 que ça soit au niveau de l'œil droit ou au niveau de l'œil gauche. (Tableau 2) (Figure 9)

Tableau 2 : Effectif et pourcentage des stades du kératocône au niveau de l'œil droit et gauche

Stade du Kératocône	OD		OG	
	Effectif	Pourcentage	Effectif	Pourcentage
Stade1	1	3.3 %	2	6.7%
Stade2	10	33.3 %	12	40%
Stade3	7	23.3 %	6	20%
Stade4	6	19.9 %	5	20%

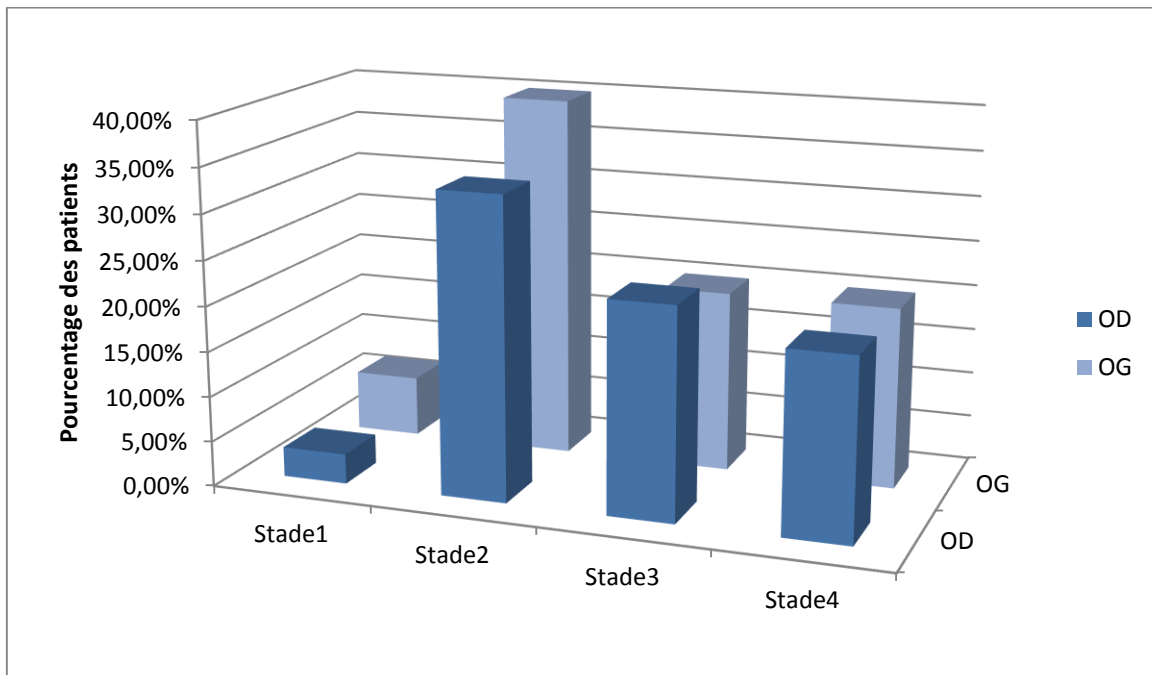


Figure 9 : Répartition des différents stades du kératocône au niveau de l’œil droit et gauche.

2.5–Type de lentilles de contact utilisées :

Dans cette étude ; tous nos patients ont été adaptés par des lentilles de contact sclérales ou rigides perméables au gaz selon le stade du kératocône, la latéralité de l’atteinte ou le confort du patient. En effet, 73.33% des patients ont été adaptés en LRPG et 26.66% en lentilles sclérales. (Figure 10)

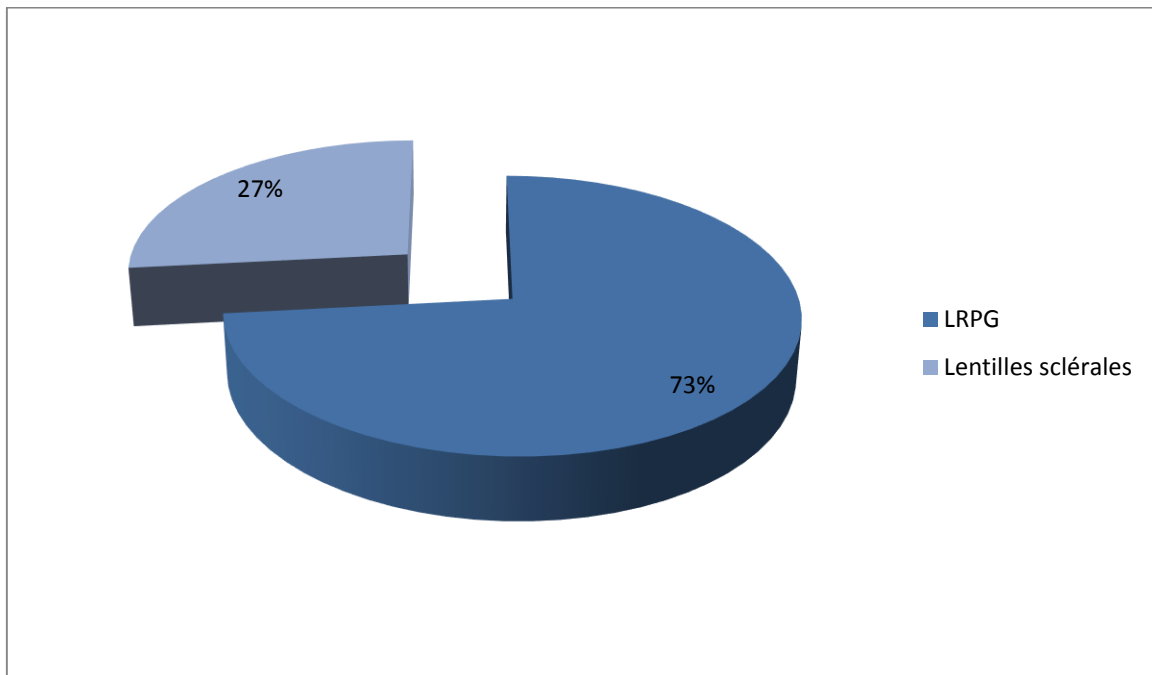


Figure 10 : Répartition des patients selon le type de lentilles de contact utilisé.

Parmi nos patients, 11 ont été équipés de façon unilatérale et 19 patients de façon bilatérale (Tableau 3).

Tableau 3 : Nombre des yeux selon la latéralité de l'équipement

	Nombre des yeux
-Équipement unilatéral	11
- Équipement bilatéral	41

2.6-Acuité visuelle finale :

Après équipement par lentilles de contact, l'acuité visuelle était entre [1-5/10] respectivement au niveau de 16 % et 8 % des yeux droits et gauches, entre]5-8/10] au niveau 36% des yeux droits et gauches et finalement > 8/10 chez 48% et 56 % des patients respectivement à droite puis à gauche. (Figure 11 et 12)

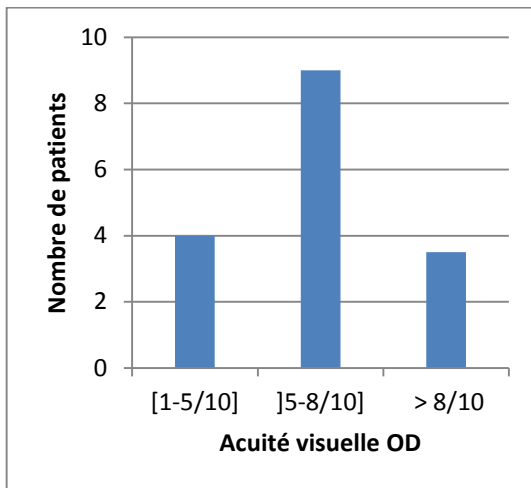


Figure 11 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle après équipement de l'œil droit par lentilles de contact.

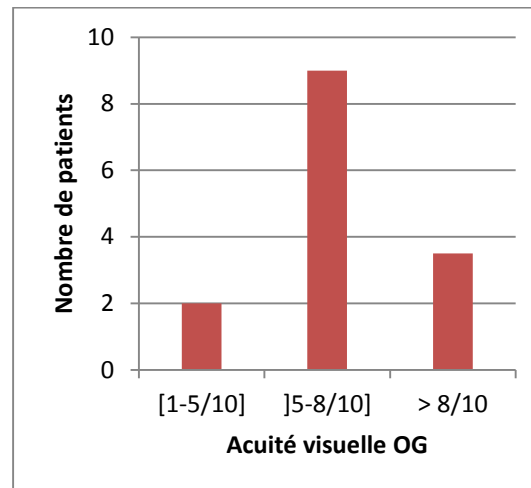


Figure 12 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle après équipement de l'œil gauche par lentilles.

Nous avons constaté une amélioration de l'acuité de l'acuité visuelle cliniquement évidente après port de lentilles. Pour affirmer ce résultat de façon statistique en calculant le degré de signification "p", nous avons converti l'acuité visuelle de l'échelle de Monoyer en logMAR, ce qui nous a permis de chiffrer quantitativement cette élévation de l'acuité visuelle chez l'ensemble des patients, sans stratification en sous-groupes. (Figure 13,14)

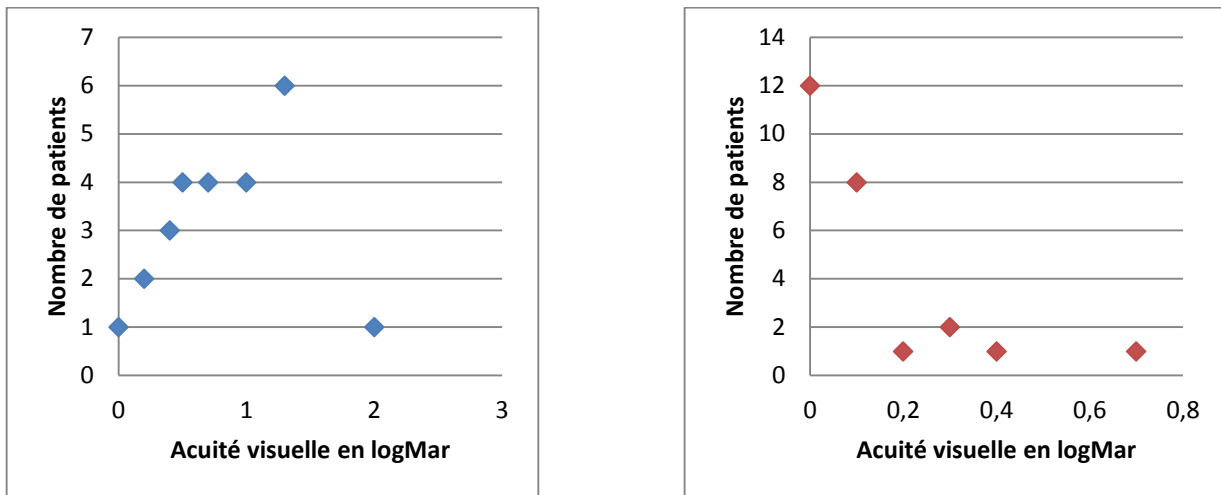


Figure 13 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle en LogMar de l'œil droit avant (graphique en bleu) et après (graphique en rouge) équipement par Lentilles de contact.

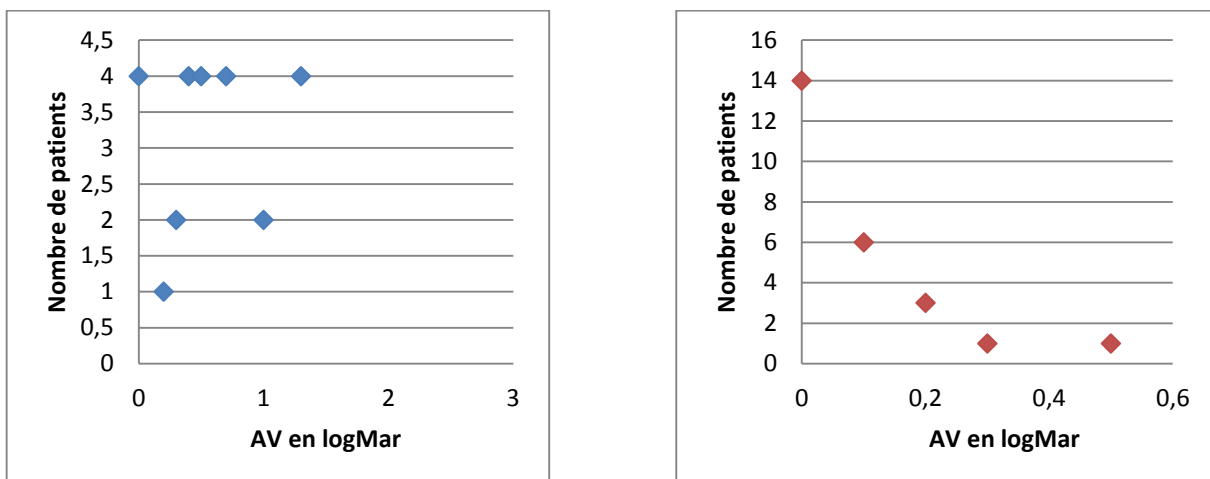


Figure 14 : la répartition des patients en fonction de l'acuité visuelle en LogMar de l'œil gauche avant (graphique en bleu) et après (graphique en rouge) équipement par Lentilles.

2.7-Durée de port de Lentilles de contact :

La majorité des patients déclaraient porter leurs lentilles de contact quotidiennement, seulement une minorité les portaient plusieurs fois par semaine, ou seulement de manière occasionnelle.

La très grande majorité des patients (66.7%) portaient leurs lentilles de contact plus de 8h par jour, 30 % des patients les portaient entre 4 et 8h par jour, 3.3 % des patients moins de 4h par jour. La moyenne de port de lentilles de contact était 9.07 heures \pm 2.2 heures. (Figure 15)

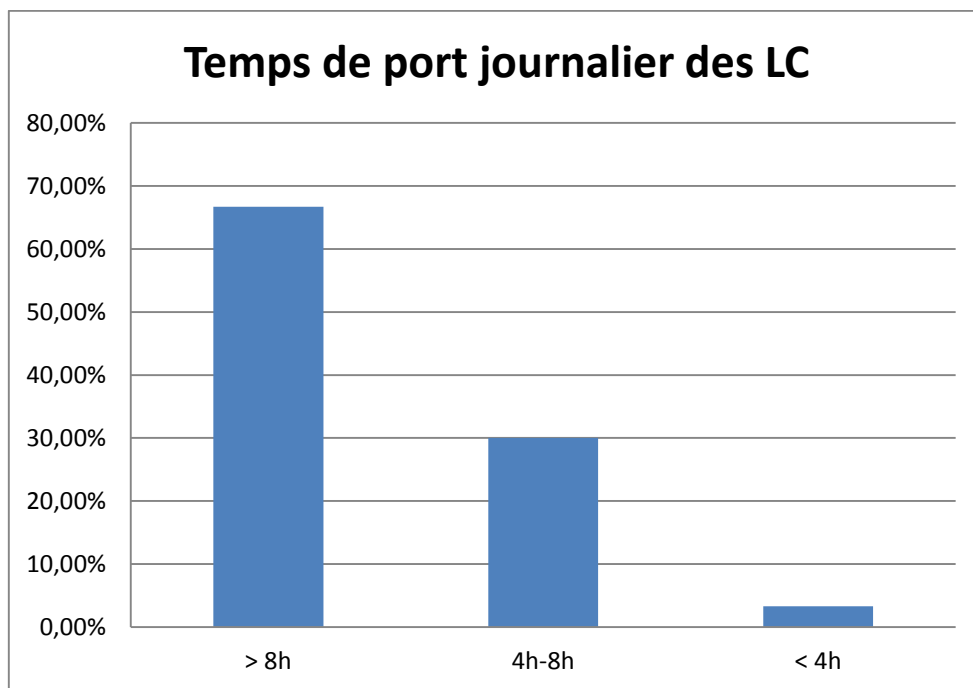


Figure 15 : Répartition des patients en fonction de leur temps de port journalier

3- Questionnaire de qualité de vie " CLIQ "

3.1-Analyse descriptive :

30 patients suivis pour kératocône et équipés de lentille de contact ont répondu au questionnaire CLIQ. La médiane des réponses était 46.34 avec un score minimal à 41.61 et un score maximal 48.68. (Tableau 4)

Tableau 4 : Résultats globaux du score CLIQ

	Moyenne	Médiane	Ecart-type	Minimum	Maximum
Score CLIQ	45.70	46.34	1.85	41.61	48.68

3.2-Analyse bi-variée :

Dans notre étude, nous avons noté qu'il n'y avait pas une variation statistiquement significative du score CLIQ par rapport à l'âge, le sexe, le niveau socio-économique, la kératométrie maximale (Kmax) et le type de lentille de contact (Tableau 5). Cependant, il y'avait une relation statistiquement significative entre une acuité visuelle finale améliorée et un temps de port journalier prolongé avec une meilleure qualité de vie témoignée par un score "CLIQperson" élevé.

Tableau 5 : Association du score CLIQ avec l'âge, sexe, niveau socio-économique, Kmax et type de lentilles, l'acuité visuelle après équipement et temps de port journalier.

		N	Moyenne du score CLIQ	Ecart type	<i>p</i>
Age		30	45.65	1.85	<i>0.607</i>
Sexe	Homme	5	45.86	1.76	<i>0.838</i>
	Femme	25	45.66	1.90	
Niveau socio-économique	Bas	4	47.04	0.27	<i>0.235</i>
	Moyen	21	45.37	1.7	
	Elevé	5	46.03	2.81	
Kmax	<56D	26	45.83	1.96	<i>0.524</i>
	>56D	27	45.34	1.96	
Type de lentilles	LRPG	38	45.48	1.96	<i>0.413</i>
	L.Sclérales	11	46.29	1.79	
Acuité visuelle après équipement en LC		30	45.50	1.45	<i>0.038</i>
Temps de port (h/j)		30	45.7	1.85	<i>0.000</i>

L'acuité visuelle après équipement en lentilles de contact présentait une amélioration statistiquement significative avec une moyenne d'acuité visuelle qui a passé de 0.717 ± 0.35 LogMar à 0.083 ± 0.11 LogMar ($p=0.038$), et cela au niveau des deux yeux. La moyenne du score CLIQ moyen des patients équipés était 45.70 ± 1.85 .

Le temps prolongé de port journalier des lentilles de contact était très significatif également en rapport avec le score CLIQ ($p=0.000$). On conclue ainsi qu'une qualité de vie meilleure était fortement corrélée et de façon positive au temps de port journalier prolongé des lentilles de contact et l'amélioration de l'acuité visuelle. (Figure 16)

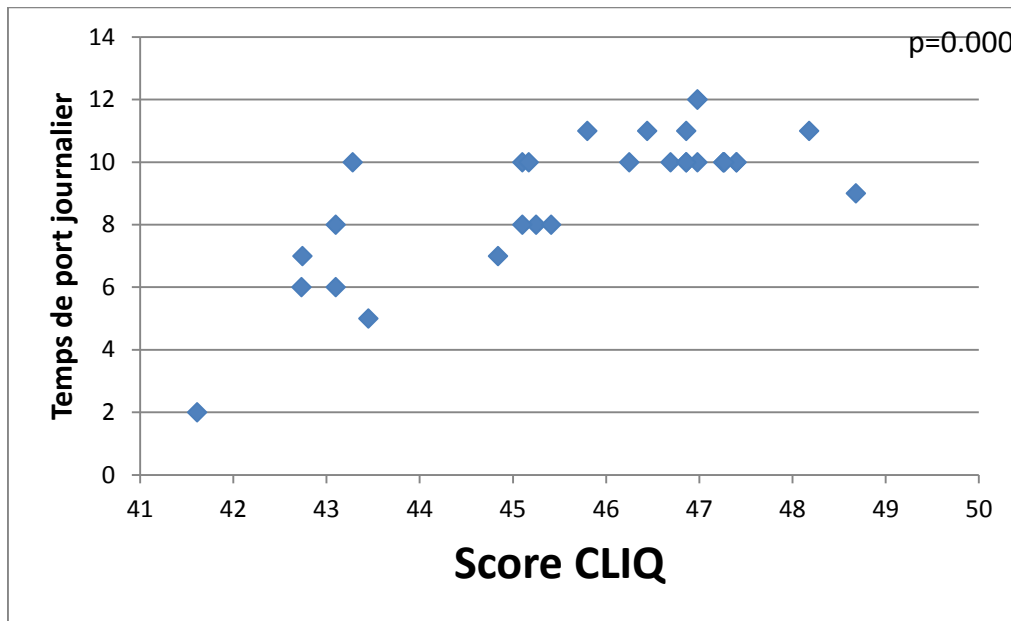


Figure 16 : Corrélation entre le score de qualité de vie CLIQ et le temps de port journalier (N=30)

DISCUSSION

I- Rappels embryologique et anatomo-physiologique de la cornée

1. Embryologie de la cornée

La cornée est la première structure de l'appareil visuel à s'individualiser au cours de la vie embryonnaire. Elle a une double origine, ectodermique et mésodermique.

A la quatrième semaine de gestation (embryon de 8mm), apparaît la vésicule optique primaire ayant pour origine une évagination du tube neural. Entre la quatrième et la cinquième semaine (embryon de 10-12 mm), se détache la vésicule cristallinienne. Celle-ci induit la différenciation de l'ectoderme cornéen en épithélium. Le mésenchyme sera à l'origine du stroma et de l'endothélium.[9]

A la cinquième semaine (embryon de 15mm), la cornée primitive sera constituée de deux couches cellulaires formant l'épithélium, reposant sur un étroit stroma acellulaire, le mésostroma.

À la fin de la sixième semaine (embryon de 18 mm), l'épithélium cornéen forme les premières villosités caractéristiques à sa surface. En même temps, des fibroblastes migrent pour former une couche monocellulaire à la face postérieure du mésostroma : l'endothélium.

A la huitième semaine (embryon de 24mm), l'épithélium va se stratifier et la membrane de Bowman apparaît à la partie antérieure du stroma.[9]

La membrane de Descemet est présente dès la dixième semaine. (Figure 17)

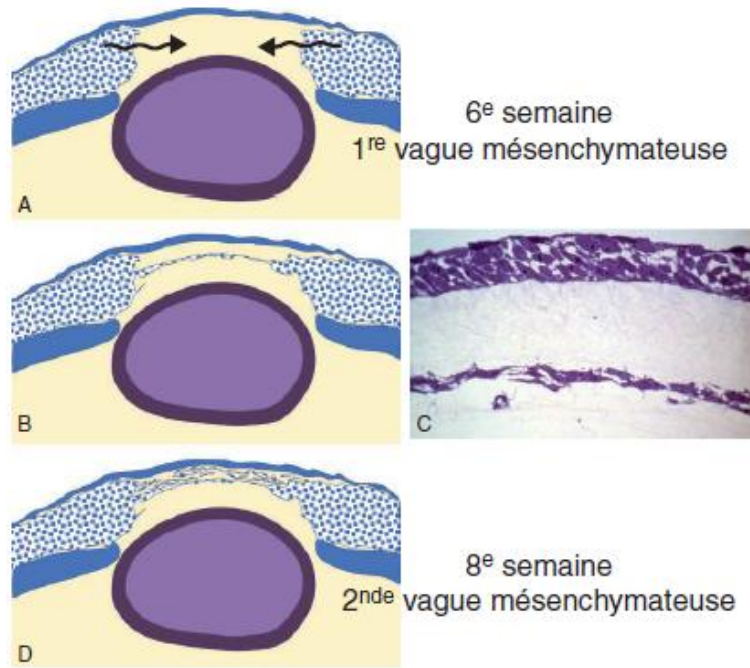


Figure 17 : Formation embryonnaire de la cornée.[10]

- A.** Schéma de la formation embryonnaire de la cornée correspondant au début de la sixième semaine chez l'humain. Les cellules mésoenchymateuses du pool mésoblastique provenant de la crête neurale sont de part et d'autre de la vésicule cristallinienne. Elles vont migrer en une première vague entre la vésicule cristallinienne et l'ectoderme primitif qui deviendra l'épithélium primitif.
- B.** Segment antérieur du poussin au cinquième jour de vie embryonnaire correspondant à la fin de la sixième semaine chez l'humain. La vésicule cristallinienne s'est détachée de l'ectoderme. L'ectoderme forme l'épithélium primitif et la couche endothéliale est déjà en place. Le pool cellulaire mésoblastique est bien visible de part et d'autre de la vésicule cristallinienne.
- C.** Segment antérieur du poussin au cinquième jour de vie embryonnaire (grossissement). L'épithélium primitif en haut est déjà disposé en plusieurs couches. L'endothélium primitif commence à se disposer en monocouche. Entre les deux, le stroma primitif est purement fibrillaire, sans cellules à ce stade.
- D.** Schéma de la formation embryonnaire de la cornée correspondant au début de la huitième semaine chez l'humain. Une deuxième vague de cellules mésoenchymateuses provenant de la crête neurale migrent entre la première vague et l'épithélium primitif.

2-Anatomie de la cornée

2.1-Macrosopique :

La cornée est le principal élément réfractif de l'œil. Elle couvre environ un cinquième de sa circonférence. Elle est avasculaire, transparente et enchâssée dans l'orifice antérieur de la sclérotique.

La cornée est asymétriquement asphérique, ainsi sa portion nasale est plus plate que sa temporale. Elle a une forme ovoïde sur la face antérieure, avec un diamètre moyen 11,5 mm, et une forme circulaire sur la face postérieure avec un diamètre de 13 mm ; son diamètre horizontal est de 11,7 mm, alors que son diamètre vertical de 10,6mm. Le diamètre varie selon les individus, le sexe et l'âge. Sa taille définitive est atteinte à l'âge de 6ans.

L'épaisseur de la cornée augmente du centre (520-550 μ) vers la périphérie (670 μ m voire 700 μ m au limbe).

La cornée répond par sa face antérieure au film lacrymal pré-cornéen, à la conjonctive palpébrale et aux paupières lors de la fermeture ou du clignement ; Par sa face postérieure, à la limite externe de la chambre antérieure et le toit de l'Angle irido-cornéen, elle est directement en rapport avec l'humeur aqueuse ; et par sa circonférence à la conjonctive, à L'épisclère, à la sclère et aux voies de drainage de l'humeur aqueuse au niveau de la zone de transition limbique (Figure 18).

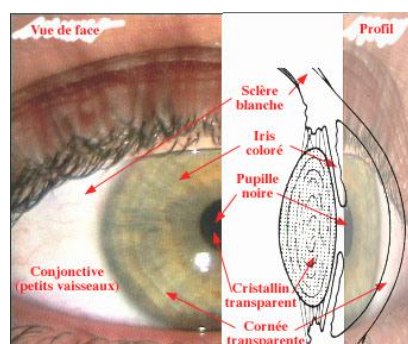


Figure 18 : Schéma du segment antérieur de l'œil.

On note 4 zones topographiques de la cornée :

- ✚ Zone centrale légèrement décentrée en bas et en dedans (diamètre: 4 mm)
- ✚ Zone paracentrale (de 4 à 7-8 mm)
- ✚ Zone périphérique (7-8 à 11 mm)
- ✚ Zone limbique.

2.2-Microscopique :

La cornée est classiquement décrite en six couches : (Figure 19)

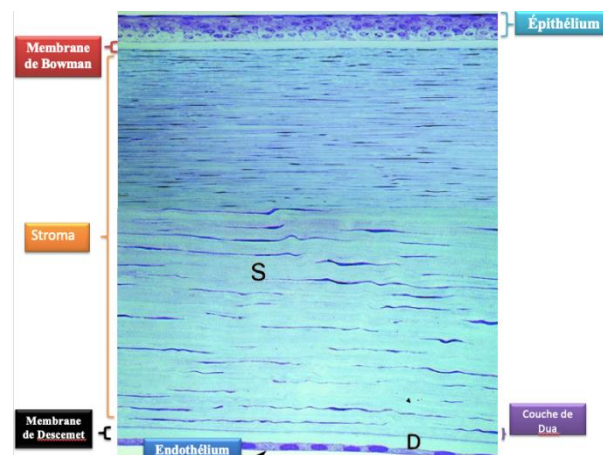


Figure 19 : Schéma montrant les différentes couches de la cornée

2.2.1- L'épithélium cornéen :

C'est un épithélium pavimenteux stratifié non kératinisé, formé par 7 à 10 assises de cellules, plus nombreuse en périphérie qu'au centre. Son épaisseur est de 50 à 60 μm , soit 10 % de l'épaisseur cornéenne totale. Il est indissociable du film lacrymal.

L'épithélium cornéen est formé par des cellules épithéliales et non épithéliales. Cette dernière est faite essentiellement de lymphocytes (essentiellement T), de cellules de Langerhans présentatrices d'antigènes, et des mélanocytes dans la couche basale.

Les cellules épithéliales sont réparties en 3 couches : superficielles, intermédiaires et basales, ces dernières reposant sur une membrane basale.(Figure 20)

- La couche superficielle formée par les cellules superficielles qui sont allongées, aplaties, de forme polygonale. Elles sont réparties en 2 ou 3 couches.
- La couche intermédiaire constituée par les cellules intermédiaires qui sont des cellules de transition entre les cellules basales et superficielles, comprennent 2 à 3 couches dans la partie centrale et 5 à 6 à la périphérie.
- La couche basale formée par les cellules basales, c'est une couche cellulaire unique reposant sur la membrane basale. C'est une couche germinative.
- La Membrane basale est synthétisée par les cellules épithéliales basales et sépare la membrane de Bowman de l'épithélium.

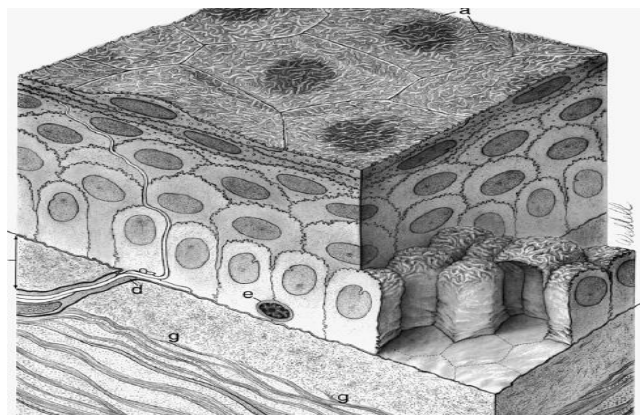


Figure 20 : Schéma tridimensionnel de l'épithélium cornéen [11]

(a)-Cellules de surface (d)-Membrane basale (e)-Lymphocyte

2-2-2. La membrane de Bowman :

C'est une couche acellulaire composée de fibres de collagène désorganisée dans une substance fondamentale de composition biochimique identique à celle du stroma (figure 21). Elle est synthétisée par les cellules basales de l'épithélium pendant la vie embryonnaire; et son épaisseur est de 12 μm .

La membrane de Bowman est incapable de se régénérer, donc toute rupture entraîne l'apparition d'un tissu cicatriciel générant des opacités définitives.

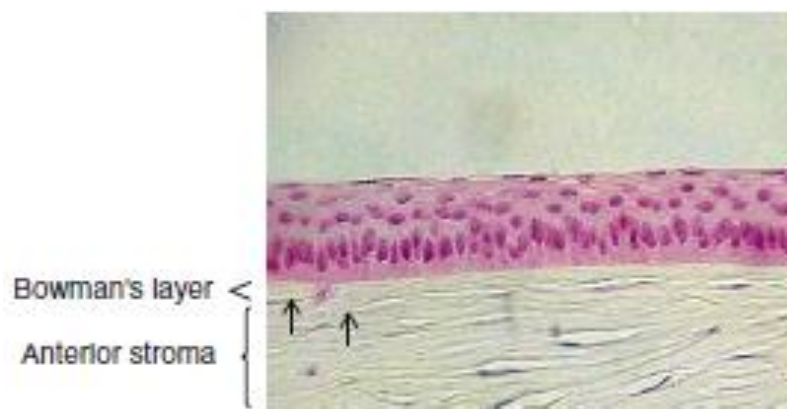


Figure 21 :Schéma en micrographie lumineuse montrant la couche de Bowman et le stroma antérieur[11]. Il y a un changement dans la direction des lamelles superficielles lorsqu'elles se courbent vers l'avant pour fusionner avec Couche de Bowman (flèches).

2-2-3- Le Stroma cornéen :

Il constitue environ 90% de l'épaisseur cornéenne, il se compose de lamelles de collagène sécrétées par des kératocytes baignant dans la substance fondamentale avec d'autres éléments. C'est un tissu très peu trophique et avasculaire.

▪ Les Kératocytes :

Sont des cellules plates, étoilées, parallèles à la surface de la cornée et aux lamelles de collagène, responsables d'une faible activité métabolique et de synthèse (Figure 22). Elles ont des expansions cytoplasmiques multiples et multidirectionnelles entrant en contact avec celles des kératocytes adjacents par de zonula occludens. Les kératocytes ont la faculté de migrer lors des processus de cicatrisation.

Le rôle essentiel des kératocytes est de préserver l'intégrité de la matrice extracellulaire. Pour cela, ils synthétisent les molécules de procollagène et des glycosaminoglycanes.

Dans le même temps, ils synthétisent des enzymes de dégradation du collagène comme les métalloprotéases. La régulation fine de la synthèse/dégradation de la matrice extracellulaire permet de maintenir constante l'architecture stromale[10].

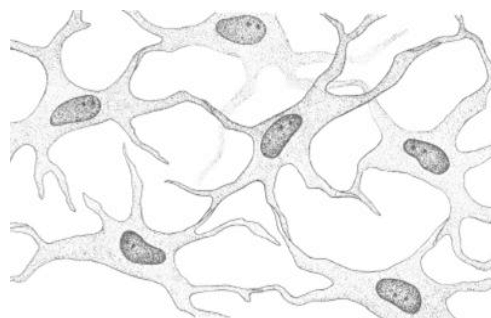


Figure 22 :Schéma montrant les Kératocytes avec leurs expansions cytoplasmiques

▪ Fibrilles de collagène :

Sont empilées les unes sur les autres de façon parallèle, avec une distance interfibrillaire constante. Cet arrangement régulier permet une bonne transparence de la cornée et une bonne résistance mécanique à la pression intraoculaire. Les fibrilles de collagène s'unissent en faisceaux qui s'étendent du limbe au limbe opposé. Celles-ci s'arrangent à leur tour en lamelles (figure 23) qui sont 4 fois plus enchevêtrées en position stromale antérieure que postérieure.

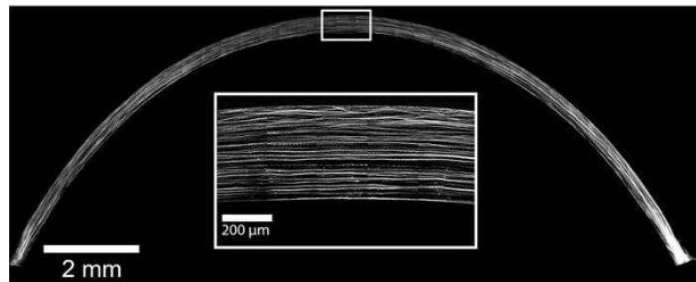


Figure 23a : Image HRMac (high-resolution macroscopy) d'une coupe vibratome de cornée de lapin. Une organisation parallèle des fibres de collagène est observée et constitue l'organisation dominante de la cornée.[12]



Figure 23b : Schéma représentant l'organisation des lamelles de collagène au sein du stroma.[1]

2-2-4-Membrane de DUA :

C'est une couche acellulaire, avec une épaisseur de 15 μm , composée de 5 à 8 lamelles de collagène de type I. Les lamelles ont une organisation transversale, longitudinale et oblique, ce qui leur confère une grande solidité.

2-2-5-Membrane de Descemet :

Cette lame basale de l'endothélium est composée essentiellement de collagène IV et de laminine. Son épaisseur augmente avec l'âge. À la naissance, son épaisseur est de 3 μm pour atteindre 8 à 10 μm à l'âge adulte. Elle résiste à la dégradation enzymatique des métalloprotéases.[10] Cette membrane, en cas de rupture, est incapable de régénération. Néanmoins, les cellules endothéliales sont capables de migrer sur le stroma dénudé à l'endroit d'une déchirure descémétique, et peuvent recouvrir la zone lésée, évitant l'œdème cornéen. Elle peut se dissocier du stroma cornéen accidentellement ou par dissection chirurgicale.

2-2-6- L'Endothélium cornéen :

Il se présente comme une couche monocellulaire disposée sur la face postérieure de la membrane de Descemet. Les cellules endothéliales mesurent 5 μm d'épaisseur et 20 μm de large. Elles ont une forme essentiellement hexagonale. Dans un endothélium normal, ces cellules ont un aspect uniforme. [10]

La densité cellulaire est de 3 500 cellules/ mm^2 chez un adulte jeune. Ce chiffre diminue régulièrement avec l'âge. L'augmentation de taille de ces cellules correspond au polymégathisme, alors que la perte de la structure hexagonale correspond au pléomorphisme. [10] (Figure 24)

Les cellules endothéliales sont incapables de se diviser *in vivo* chez l'homme. En cas de traumatisme endothélial localisé, les cellules de voisinage s'étalent, augmentent de taille et comblent l'espace. Leur densité diminue.

Les cellules endothéliales sont étroitement reliées entre elles par des jonctions étroites (*tight junctions*) et par des jonctions lâches (*gap junctions*). Il n'existe pas à ce niveau de desmosome. Ce type de jonctions intercellulaires explique la perméabilité de l'endothélium aux électrolytes et aux petites molécules et, dans une certaine mesure, à l'eau (barrière semi-perméable). [10]

La fonction essentielle de l'endothélium est de réguler l'hydratation cornéenne, pour maintenir constants les 78 % d'eau dans le stroma. Ce mécanisme est étroitement régulé par les pompes $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{ATPase}$, $\text{Cl}^-/\text{HCO}_3^-$ et les flux de lactate. [10]

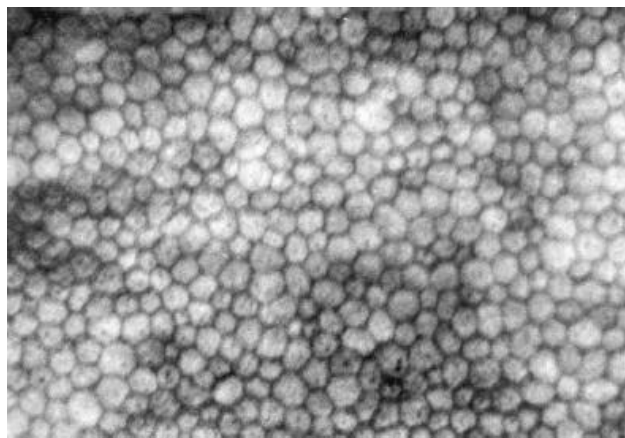


Figure 24: Microscopie spéculaire montrant la mosaïque endothéliale.[11]

2.3 Limbe scléro-cornéen :

Le limbe est un anneau qui fait la jonction entre la périphérie cornéenne transparente et la sclère opaque. Il représente la zone charnière de plusieurs tissus : l'uvée, la conjonctive, la sclérotique et la cornée périphérique. Il a la forme d'un anneau elliptique à grand axe horizontal et quadrangulaire en section sagittale[12].

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. Les limites sont différentes selon qu'elles sont définies par les anatomistes ou les chirurgiens[12].

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 0.5mm) de la limite antérieure du limbe anatomique (Figure 25).

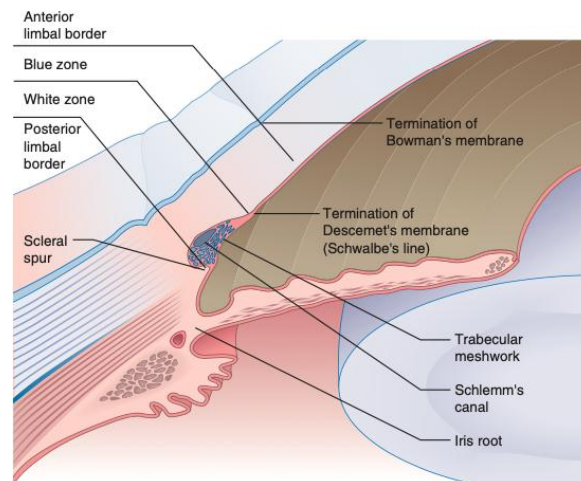


Figure 25 : Anatomie du limbe chirurgical [1]

▪ **Histologie :**

Au niveau du limbe, une lente transition entre l'épithélium cornéen pavimenteux pluristratifié et l'épithélium conjonctival de type cylindrique à deux assises cellulaires. Cette transition se fait en assurant la continuité des membranes basales et présente donc une irrégularité de l'épaisseur, ce qui explique l'aspect vallonné visible sur les coupes histologiques.

Les cellules basales de la périphérie cornéenne, du limbe et de la conjonctive présentent de nombreuses analogies fonctionnelles. Cependant, au niveau du limbe, leur taille diminue, le nombre de mitochondries augmente et leur surface basale voit leur nombre de digitations augmenter pour accroître leur pouvoir adhésif et leur pouvoir d'échange.

Le plan sous-épithélial n'existe que dans les deux tiers externes du limbe. Il est formé par la fusion d'éléments conjonctifs provenant du chorion conjonctival ; de la capsule de tenon et de l'épiclère.

Plus en profondeur, la transition entre le stroma cornéen bien organisé et un tissu scléral plus déstructuré est observée. A ce niveau, les fibres de collagène changent d'orientation et perdent leurs caractéristiques particulières au stroma (orientation, uniformité de calibre et d'espacement), Le nombre de cellules augmente (fibroblastes, macrophages lymphocytes, plasmocytes, mélanocytes, cellules de Langerhans). La membrane de Descemet disparaît, l'endothélium à cellules aplaties du trabéculum scléral fait suite aux cellules de l'endothélium cornéen.

▪ **Les fonctions du limbe scléro-cornéens :**

Le limbe joue un rôle important dans l'homéostasie oculaire, en effet, il contient tous les éléments cellulaires et humoraux de l'inflammation et est ainsi le site de prédilection des pathologies immunologiques oculaires. Il est le réservoir de

polynucléaires neutrophiles et éosinophiles, de lymphocytes, de mastocytes. Il est riche en médiateurs, en immunoglobulines A, G et M et en constituants des voies principales et alternes du complément.

Dans la couche basale de l'épithélium limbique se situent les cellules souches limbiques qui constituent la seule source de régénération de l'épithélium cornéen.

Enfin, le limbe est le lieu de la résorption de l'humeur aqueuse, il est au cœur de la régulation de la pression intraoculaire.

2.4 Innervation de la Cornée :

La cornée est l'un des tissus les plus innervés et les plus sensibles de l'organisme, du fait du nombre très élevé des terminaisons nerveuses que l'on y rencontre.[10]

L'innervation sensitive cornéenne dérive des nerfs ciliaires qui sont issus de la branche ophtalmique du nerf trijumeau. Les fibres nerveuses pénètrent la cornée dans sa périphérie de façon radiaire, puis se dirigent vers l'avant pour former un plexus sous-épithélial, et se terminent au niveau de l'assise cellulaire intermédiaire de l'épithélium. Les fibres nerveuses perdent très rapidement leur myéline après leur pénétration en cornée claire. La cornée possède aussi des fibres nerveuses sympathiques.

La disposition des fibres nerveuses sensibles explique les violentes douleurs rencontrées lors d'une altération épithéliale par exposition des terminaisons nerveuses du plexus sous-épithélial (figure26) [10].

L'innervation Sympathique et adrénergique se font à partir du ganglion cervical supérieur homolatéral. Les fibres s'intègrent aux nerfs ciliaires courts et longs.

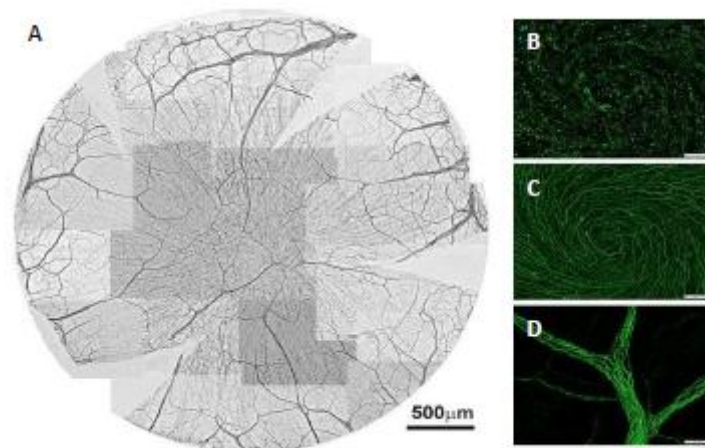


Figure 26 : Innervation de la cornée [2]

- A) Innervation totale d'une cornée de souris immunomarquées avec un anti- β III tubuline.
- B) Terminaisons nerveuses retrouvées dans l'épithélium cornéen
- C) Plexus nerveux sous épithélial
- D) Tronc nerveux stromal. Barre d'échelle : 50 μ m.

3-Physiologie de la cornée :

3.1 Propriétés optiques :

La cornée est le principal composant du dioptré oculaire.

3.1.1-Pouvoir Optique et réfraction de la lumière:

La cornée transmet plus de 85 % de la lumière incidente, lorsque les longueurs d'ondes sont comprises entre 300 et 2 500 nm. Une petite partie de la lumière incidente est donc perdue, principalement par un phénomène de diffusion ; une autre partie est réfléchi, permettant l'étude en microscopie spéculaire.[9]

La cornée procure plus des deux tiers du pouvoir réfractif de l'œil. La puissance réfractive de la cornée dépend de son rayon de courbure et de l'index réfractif des différents milieux que la lumière traverse.

Les index réfractifs de l'air, des larmes, du tissu cornéen et de l'humeur aqueuse sont respectivement de 1,000, 1,336, 1,376 et 1,336.

La puissance réfractive de la cornée est donc la somme de la réfraction des différentes interfaces à son niveau : l'interface air/larme, larme/tissu cornéen et tissu cornéen/humeur aqueuse, soit respectivement des valeurs d'environ + 44 dioptries, + 5 dioptries et – 6 dioptries ; la somme de ces valeurs donne à la cornée une puissance totale de 43 dioptries.[9]

Afin de faciliter les calculs, la plupart des appareils de mesure utilisent un index de réfraction global qui tient compte de la réfraction négative de la face postérieure de la cornée, la valeur la plus utilisée est de 1,3375.[9]

En pratique courante, la réfraction de la cornée est déterminée par le rayon de courbure mesuré sur chaque point de sa face antérieure et l'indice de réfraction globale de 1,3375 (Figure 27).

Une cornée est d'autant plus puissante qu'elle est courbe, c'est-à-dire que son rayon de courbure est faible.

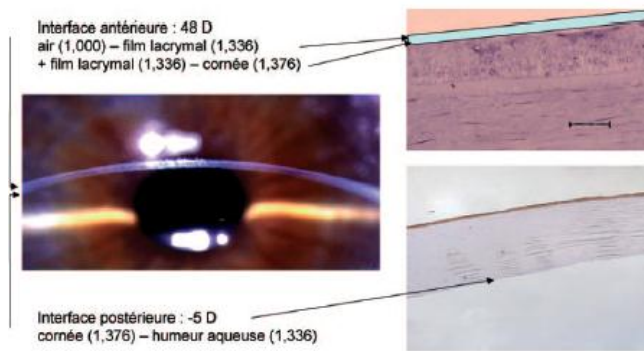


Figure 27 : Réfraction de la lumière par la cornée [13]

3.1.2-Aberrations sphériques de l'œil emmétrype :

L'aberration sphérique est une aberration optique de haut degré caractérisée par une focalisation excessive (aberration sphérique positive) ou insuffisante (aberration sphérique négative) des rayons optiques réfractés vers les bords de la pupille, vis à vis de ceux réfractés au centre de la pupille[14].

Elle en résulte pour l'œil humain une dégradation de la qualité de l'image rétinienne avec perte de contraste. Toutefois, elle induit une augmentation de la profondeur de champ, qui (bien contrôlée) peut être utile pour la correction de la presbytie [14].

Étant donné que la cornée est asphérique, cela dit que son rayon de courbure varie du centre vers la périphérie, dans le sens d'un aplatissement périphérique selon un coefficient d'asphéricité de -0.26 . Ainsi, la cornée a une forme prolata (80 % de la population).

Cette asphéricité cornéenne permet de corriger les aberrations sphériques, dont la manifestation clinique est la perception de halos. Les aberrations sphériques varient avec le carré du diamètre pupillaire. Elles sont inférieures à 1 D si le diamètre pupillaire est de 4 mm.

3.1.3-Diffusion de la lumière:

L'organisation tridimensionnelle des fibrilles de collagène est cristalline, c'est-à-dire la distance entre les fibrilles de collagène est constante et régulière ; ce qui fait que les fibrilles de collagène diffusent la lumière selon 2 types d'interférences : constructives et destructives, selon la théorie de Maurice [13].

L'interférence constructive lorsque deux ondes lumineuses se rencontrent, si elles ont la même phase, on aura une addition de leur amplitude. Au contraire, si elles sont en opposition de phase, elle se produit une annulation du signal, nous parlons alors d'une interférence destructive [13].

3.1.4-Transmission de la lumière :

Le taux de transmission de la lumière par la cornée augmente avec la longueur d'onde dans le spectre de la lumière visible (entre 400nm pour la lumière violette et 750nm pour la lumière rouge). Il est de 86% à 400nm et 94% à 600nm. A l'inverse, les radiations ultraviolettes sont fortement absorbées par la cornée. [13]

L'indice de réfraction des fibrilles de collagène est de 1.47, celui de la substance fondamentale est de 1.34. Cette différence d'indice de réfraction crée une dispersion de la lumière au niveau de chaque fibrille. Néanmoins les effets des fibrilles s'annulent entre eux grâce à l'uniformité du diamètre et de la distance inter fibrillaire, elle persiste seulement la propagation dans le sens des rayons lumineux, permettant ainsi la transmission de la lumière à travers le stroma. Le diamètre des fibrilles de collagène et la distance interfibrillaire sont dépendants de la présence des protéoglycanes (notamment le lumican). [13]

Cette uniformité est relative, la transmission de la lumière à travers le stroma est également favorisée par le fait que le diamètre des fibrilles et la distance interfibrilles sont plus petits que la longueur d'ondes de la lumière. La transmission de la lumière diminue lorsque la distance interfibrillaire augmente, l'exemple est l'apparition de zones dépourvues de fibrilles en rapport avec un œdème de cornée. [13]

3.2 Transparence cornéenne :

La transparence de la cornée est la caractéristique principale de ce tissu. Cette fonction dépend de plusieurs facteurs : L'organisation structurale des fibres de collagène, l'hydratation cornéenne et l'absence de vascularisation cornéenne.

3.2.1-Organisation structurale des fibres de collagène :

Le stroma lamellaire qui constitue 90% de l'épaisseur cornéenne (500µm au centre), est fait de lamelles de tissu conjonctif, chaque lamelle d'une épaisseur de 2µm et d'une largeur de 9 à 260 µm. Elles sont parallèles à la surface de la cornée en interdigitations de faisceaux dans le stroma antérieur et en plans superposés dans le stroma postérieur (Figure 28).

Le stroma est composé de collagènes organisés en hétérofibrilles en plus de la substance fondamentale. Le collagène cornéen est représenté essentiellement par le collagène de type I et de type V et minoritairement par les filaments de collagène VI , XII, III, IV.

En effet, les fibres de collagène présentent un arrangement particulier, la distance entre les fibres et le diamètre moyen des fibres de collagène sont réguliers, et mesurent un peu moins de la moitié de la longueur d'onde de la lumière visible (400 à 700 nm). Si le diamètre des fibres de collagène ou la distance entre les fibres changent, le stroma perd sa transparence[10].

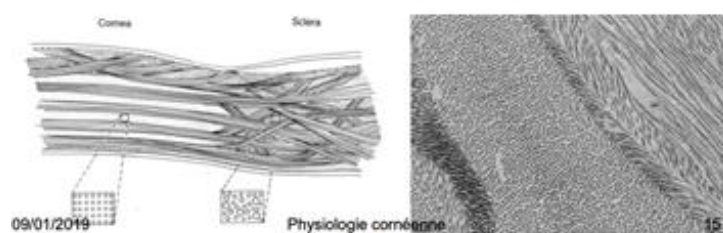


Figure 28 : Schéma montrant la disposition de lamelles dans le stroma

3.2.2- Hydratation cornéenne :

Le maintien de la transparence cornéenne implique que le stroma cornéen soit maintenu dans un état de déshydratation relative. L'hydratation du stroma cornéen est quantifiée par la valeur H qui représente le rapport entre le poids d'eau du stroma et le poids sec du stroma (en mg d'eau par mg de poids sec). L'hydratation du stroma cornéen est linéairement liée à l'épaisseur cornéenne ("e" en mm) par la formule : $H = 8e - 0,7$. La valeur normale de H est de 3,4 à 3,5.

=> À l'état normal

- $H = 78\%$ d'eau \Leftrightarrow épaisseur = 520 μm
- Quand l'épaisseur cornéenne **double** la cornée contient **87% d'eau** au lieu de 78 %

L'hydratation de la cornée dépend de la pression intra-oculaire, la pression stromale de gonflement, de la pompe endothéliale et la barrière épithéliale.

A- LA PRESSION INTRA OCULAIRE « PIO » ET LA PRESSION DU GONFLEMENT « PG » :

Les transferts d'eau entre le stroma et l'humeur aqueuse sont fonction du gradient d'osmolarité entre le stroma et l'humeur aqueuse, ainsi que de l'effet des glycosaminoglycanes du stroma (Figure 29).

Le gradient d'activité ionique entraîne une pression hydrostatique permettant une diffusion d'eau du stroma vers la chambre antérieure. À l'inverse, la répulsion des molécules de glycosaminoglycanes chargées négativement crée un appel d'eau vers le stroma (pression de gonflement du stroma cornéen). Cette pression de gonflement est décrite pour les gels chargés électriquement sous le nom d'effet Donnan.[13]

La valeur normale de la pression de gonflement du stroma cornéen est de 50 à 60 mmHg. Expérimentalement, la pression d'imbibition du stroma (PI) est celle qu'il faut maintenir à l'intérieur de microcanules implantées dans le stroma et remplies de

sérum physiologique pour empêcher tout flux liquidien vers le stroma. Elle est fonction de la pression intraoculaire et de la pression de gonflement du stroma :

$$PI = PIO - PG.$$

Dans cette situation expérimentale, la pression intraoculaire tend à faire sortir l'eau du stroma vers les microcanaux. Inversement, la pression de gonflement tend à faire sortir l'eau des microcanaux vers le stroma. En situation physiologique (pompe endothéliale fonctionnelle, épaisseur cornéenne normale, barrière épithéliale fonctionnelle) et en état stable, la pression de gonflement est supérieure à la pression intraoculaire et ces deux pressions créent un flux d'eau vers le stroma qui est contrebalancé par la pompe endothéliale.[13]

Lorsque la pression intraoculaire atteint ou dépasse la pression de gonflement du stroma, les capacités de déturgescence de la pompe endothéliale et celles d'imbibition du stroma cornéen sont dépassées. Si la barrière épithéliale est intacte, l'eau s'accumule en arrière de l'épithélium et un œdème sous-épithélial apparaît.[13]

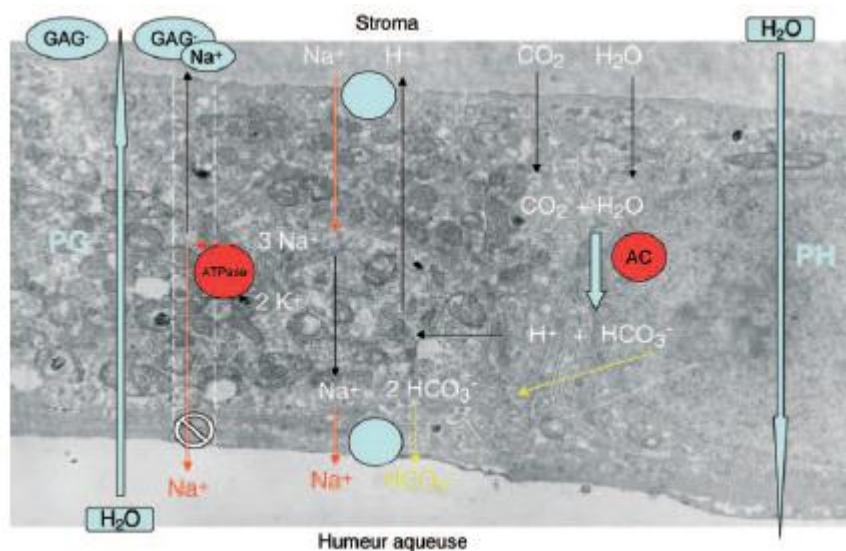


Figure 29 : Régulation de l'hydratation stromale.

PG :pression de gonflement du stroma ;PH :pression hydrostatique ;

GAG :Glycoaminoglycane ;double ligne en pointillée :espace intercellulaire.[13]

B-LA FONCTION DE BARRIERE EPITHELIALE :

La barrière épithéliale repose sur les jonctions étanches en bandes entre les cellules (*tight junctions* de type zonula occludens) et sur le glycocalix présent à la surface des cellules superficielles. [13]

Il existe un transport ionique au niveau de l'épithélium dont le rôle dans le maintien de l'hydratation du stroma est mineur. L'ATPase sodium potassium, située dans la membrane latérobasale réalise un transport actif de sodium vers le stroma. Le gradient transmembranaire de sodium permet au cotransporteur sodium-potassium-chlore de créer un flux de ces trois ions du stroma vers l'intérieur des cellules épithéliales. Le transport actif de chlore vers les larmes, à travers des canaux transmembranaires situés au pôle apical des cellules, est régulé par des récepteurs β -adrénergiques. [13]

Le port de lentilles de contact entraîne une hypoxie épithéliale source d'amincissement épithélial, d'altérations de la barrière épithéliale et d'acidose lactique (œdème microkystique). Il entraîne une diminution des microplis et des microvillosités des cellules épithéliales ce qui diminue l'ancrage du film lacrymal (source de sécheresse et d'adhésion bactérienne). [13]

c- Fonction de la barrière endothéliale:

La barrière endothéliale est due aux jonctions intercellulaires serrées focales (*tight junctions* de type macula occludens) qui sont perméables à l'eau, aux petites molécules (ce qui permet la diffusion de nutriments de l'humeur aqueuse vers le stroma) et à la peroxydase du raifort mais arrêtent les grosses molécules. La barrière endothéliale est 3 fois plus perméable à l'eau que la barrière épithéliale. [13]

La fonction de barrière de l'endothélium est altérée par l'absence de calcium ou de glutathion, l'exposition à la diamide (qui oxyde le glutathion) et les variations de pH en dehors de l'intervalle (6.8 ; 8.2). La fonction de barrière peut être appréciée

in vivo en étudiant la perméabilité de l'endothélium à la fluorescéine par fluorophotométrie.

La fonction de pompe endothéliale reste encore imparfaitement élucidée et les schémas proposés sont probablement incomplets et parfois inexacts (Figure 29). Elle repose sur l'adénosine triphosphatase (ATPase) sodium-potassium située sur les parois basolatérales de la cellule endothéliale, sur l'anhydrase carbonique intracellulaire, sur un échangeur sodium-proton, sur un cotransporteur sodium bicarbonate et sur une voie d'élimination apicale du bicarbonate. [13]

Il n'existe pas de mécanisme de transport direct des molécules d'eau au niveau de l'endothélium. Les mouvements d'eau à travers l'endothélium se font essentiellement en fonction du gradient osmotique.

L'ion bicarbonate joue un rôle central dans la physiologie des flux aqueux à travers l'endothélium. Son origine peut être stromale mais il peut également provenir du dioxyde de carbone par synthèse intracellulaire au niveau de la cellule endothéliale (anhydrase carbonique endothéliale). [13]

3.2.3 Respiration cornéenne:

La cornée, et surtout son épithélium, consomment de l'oxygène et rejettent du gaz carbonique en quantités appréciables. HILL et FATH d'une part, HABERICH de l'autre, ont pu mesurer cette consommation qui s'élève environ à 5-6 μ l/cm²/h. Si l'on rapporte cette valeur au poids sec en mg de l'épithélium cornéen, la respiration cornéenne est supérieure à celle du muscle cardiaque.

L'origine de l'oxygène consommé a pu être établie par toute une série d'expériences. Trois sources possibles sont à envisager : l'oxygène atmosphérique par l'intermédiaire du film des larmes, le réseau vasculaire du limbe et enfin l'humeur aqueuse.

On peut considérer que la source principale est constituée par l'oxygène atmosphérique. En effet, il a été constaté depuis longtemps qu'une incision cornéenne limbique, même étendue sur plus d'une demi-circonférence est parfaitement

compatible avec la transparence normale de l'organe ; or l'asphyxie se traduit habituellement par un trouble cornéen.

3.2.4- Absence de vascularisation cornéenne et réaction inflammatoire:

L'absence de vascularisation cornéenne et la faible densité cellulaire sont aussi certainement impliquées dans la transparence de la cornée. Les modifications de l'architecture stromale par un processus cicatriciel (traumatisme physique, infectieux...) ou par une maladie dégénérative (kératocône, dystrophie...), les variations de l'hydratation stromale secondaires à une pathologie de la surface oculaire, à un dysfonctionnement de la pompe endothéliale ou à une hyperpression sont responsables de diminution ou de perte totale de la transparence cornéenne [9].

3.3 Biomécanique de la cornée:

La biomécanique de la cornée est l'ensemble des propriétés physiques qui déterminent le comportement de la cornée face à un stress mécanique.[10]

La cornée est un tissu à comportement globalement viscoélastique. La biomécanique cornéenne est analysée en évaluant l'hystérèse, c'est-à-dire le temps entre deux phases d'aplanation après une indentation par air comprimé (Figure 30) [15].

Une altération biomécanique de la cornée traduit un risque d'ectasie naturel ou secondaire. Pour comprendre la biomécanique cornéenne, il faut cerner ses bases, qui sont le cycle de mesure, l'élasticité et la viscosité.

▪ LE CYCLE DE MESURE DE LA BIOMECHANIQUE :

C'est l'art de la palpation d'un corps afin d'en définir les propriétés et le comportement mécaniques. Il s'agit essentiellement d'un acte invasif imposant une

contrainte physique micro-ou macroscopique afin d'évaluer une déformation. La contrainte peut être continue, impulsionnelle ou vibratoire.

- L'ELASTICITE :

L'élasticité représente la dureté du corps palpé. C'est-à-dire sa capacité à se déformer sans se rompre et à reprendre instantanément sa forme initiale une fois la contrainte levée. Le module physique qui la caractérise est le module de Young : unité Pascal (Pa) = Newton par mètre carré.

La cornée humaine a une élasticité comprise entre 0,1 et 57 kPa d'après les différentes études.

- LA VISCOSITE :

Alors qu'un corps purement élastique ne présente pas de latence à retourner à son état initial, un corps viscoélastique va marquer un délai entre le moment où la contrainte se lève et le moment où le corps reprend sa forme initiale. La vitesse de déformation est ainsi plus grande que la vitesse de relaxation. C'est typiquement l'exemple du matelas de lit qui laisse quelque temps l'empreinte du corps lorsque ce dernier se lève. Cet amortissement de la déformation (variation de viscosité) représente une perte d'énergie cinétique qui est transmise au milieu sous la forme de chaleur (frottements) et se mesure sous le terme d'hystérésis, notée en Pa par seconde.

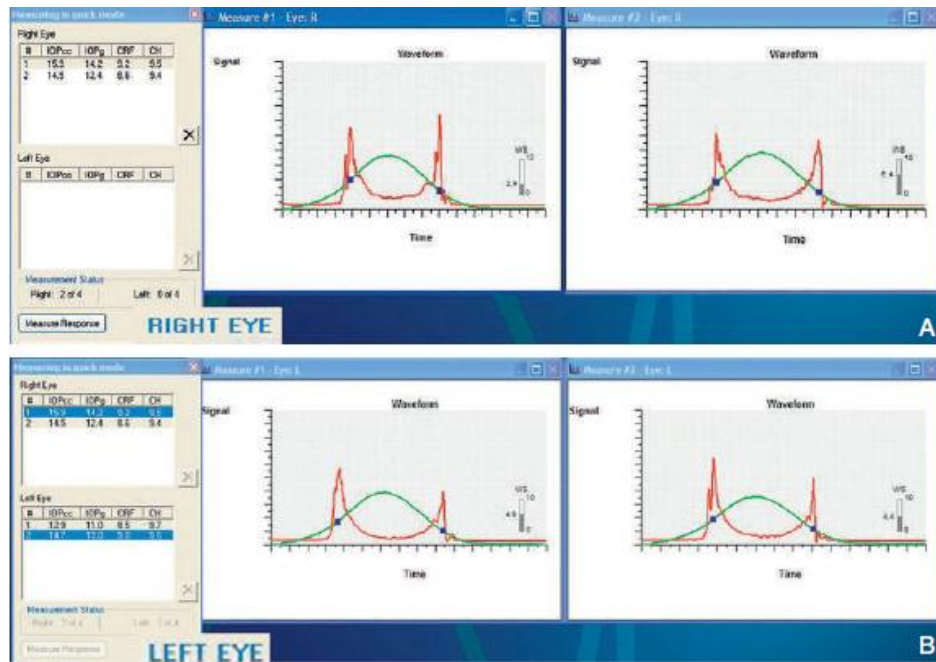


Figure 30 : **A et B.** Évaluation de la biomécanique des cornées droite A et gauche B d'un même patient avec l'*Ocular Response Analyzer* (Reichert).

L'appareil mesure l'hystérèse (CH) qui reflète la viscosité et le coefficient de résistance (CRF) qui traduit la viscoélasticité.[10]

3.4- Cicatrisation cornéenne:

3.4.1 Maintien de l'homéostasie épithéliale et stromale :

Pour expliquer le renouvellement épithéliale, 2 théories sont émises :

- 1^{ère} théorie : à partir des cellules souches limbiques.
- 2^{ème} théorie : présence de cellules souches locales avec un réservoir limbiques.

Quelle que soit la théorie de renouvellement épithélial, celui-ci ne peut se produire en donnant un épithélium de phénotype cornéen (transparent, non kératinisé) que si l'environnement est sain (qualité des larmes et des paupières, absence d'inflammation conjonctivale, innervation préservée).

À l'état normal ce sont les cellules locales qui assurent le renouvellement épithélial, mais en cas de lésion c'est le réservoir limbique qui va combler la surface dépourvue de cellules souches.

En effet, Les cryptes limbiques sont envahis par des niches de cellules souches qui sont des structures complexes se trouvant au niveau du limbe faites de *palissades* qui sont des structures stromales et des *cryptes* qui sont des structures épithéliales avec des formes longues radiales, circonférentielles, qui vont rentrer en profondeur dans le stroma pour s'enfuir dans la sclère (Figure 31).

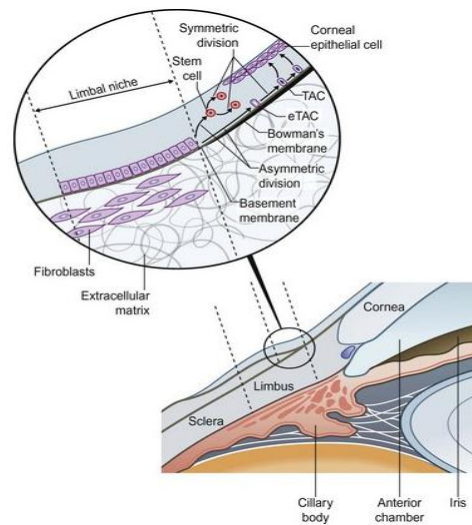


Figure 31 : Schéma montrant des niches de cellules souches limbiques [16].

4- Film lacrymal:

Le film lacrymal est un gel très bien hydraté par l'eau avec un gradient de concentration du mucus depuis la couche superficielle de l'épithélium cornéen où il adhère fortement, à la couche externe du film lacrymal ; moins concentrée en mucines ; et recouvert par la couche lipidique qui limite son évaporation.[17]

Le film assure des fonctions importantes pour l'homéostasie de la surface oculaire, ainsi, il tapisse la surface externe de la cornée, la protège de la dessiccation et contribue à la régularité épithéliale. [17]

Les composantes principales du film lacrymal sont secrétées par les glandes lacrymales principale et accessoires, ainsi,

- La composante mucinique est sécrétée par les cellules caliciformes de l'épithélium conjonctival et par les glandes de Henlé.
- La composante aqueuse provient des glandes lacrymales principale et accessoires de Krause et Wolfring. Elle contient un mélange de mucines libres, électrolytes, facteurs de croissance, hormones, cytokines, immunoglobulines et débris cellulaires.

- La composante lipidique superficielle est sécrétée par les glandes sébacées palpébrales de Meibomius, de Zeiss et de Moll.

Plus de 98 % du volume du film lacrymal est représenté par de l'eau. L'épaisseur du film lacrymal est constante, de l'ordre de 7 à 8 μm , et se répartit grossièrement de la façon suivante :

- Couche lipidique de 0,1 μm ;
- Couche aqueuse de 7 μm ;
- Couche mucinique de 0,02 à 0,8 μm .

En outre de son action lubrifiante et réfractive (indice de réfraction de 1.33), le film lacrymal permet d'apporter à la cornée de l'oxygène, sous forme d'oxygène dissous dans la phase aqueuse. Il joue également un rôle immunitaire grâce à la présence en son sein de protéines antimicrobiennes (immunoglobulines A et G, lysozyme, lactoferrine, bêta lysines), indispensables au maintien de l'intégrité de la surface oculaire et surtout la cornée lors des innombrables agressions du monde extérieur.[17,18]

Le film lacrymal hypertonique joue également un rôle osmotique vis-à-vis de l'hydratation du stroma antérieur. Cette osmolarité augmente avec l'évaporation des larmes au cours de la journée, expliquant les variations nyctémérales de l'épaisseur cornéenne (plus élevée le matin que le soir). [17,18]

Le temps de rupture du film lacrymal (BUT : *break-up time*) est un moyen clinique simple d'analyser la qualité du film lacrymal. Son analyse quantitative se fait par le test de Schirmer.

Les sécheresses oculaires symptomatiques et compliquées compromettent les conditions de cicatrisation de la cornée.

II. Le Kératocône :

Le kératocône (du grec kerato, corne, cornée et conos cône) est une maladie non inflammatoire caractérisée par un amincissement et un bombement de la cornée. Les progrès des techniques d'exploration et des thérapeutiques ont considérablement modifié son diagnostic et sa prise en charge.

1-Généralités :

1-1-Épidémiologie :

L'incidence et la prévalence varient selon les études. Cette variation reflète surtout les différences de critères diagnostiques pris en compte et les progrès dans le dépistage des formes frustes ou minimales. La généralisation des topographies cornéennes permet d'isoler des formes qui ne l'auraient pas été sur des seuls critères cliniques. Actuellement avec la généralisation des techniques de chirurgie réfractive, d'autres paramètres en dehors des indices recueillies par la topographie ; développés sur aberrométrie, sur ORA (ocular response analyzer) ou sur OCT (tomographie en cohérence optique) du segment antérieur permettent un diagnostic facile et précis des formes frustes, voire même des formes suspectes dans le cadre du bilan préopératoire.[4]

Les différences d'incidence et de prévalence peuvent également refléter l'influence de facteurs génétiques et environnementaux, variables selon les populations étudiées.

L'incidence du kératocône est estimée entre 50 et 230 pour 100 000 habitants. La prévalence est estimée à 54,5 pour 100 000 (soit environ 1/2000). La prévalence augmente dans le cadre de dépistage des kératocônes frustes pour bilan de

chirurgie réfractive cornéenne de 8.59% dans une étude observationnelle de 687 patients menée à l'Arabie Saoudite[19].

Il est classique de situer le début de la maladie à la puberté, mais le kératocône peut survenir à un âge plus précoce ou plus tardif. Sur une série multicentrique de 1579 patients, l'étude CLEK (Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus) rapporte un âge moyen de découverte de 27,3 +/- 9,5 ans avec près de 90% des patients diagnostiqués entre 10 et 39 ans [20]. L'âge de survenue du kératocône est ainsi probablement variable et difficile à définir avec précision d'autant qu'il peut être très différent de l'âge de découverte.

Le kératocône touche indifféremment les hommes et les femmes. Si les formes unilatérales de kératocône sont rares, les formes asymétriques sont la règle.

La surveillance de la progression du kératocône doit être bilatérale, la progression pouvant être différente sur les deux yeux. Si un certain nombre de formes unilatérales de kératocône a été rapporté lorsque le diagnostic était basé sur des critères cliniques, en utilisant des techniques de topographies cornéennes dépistant les formes frustes, ce nombre a diminué à des valeurs comprises entre 0,5 et 4%.

1-2- Terrain génétique :

Les formes familiales sont estimées à 10% de l'ensemble des kératocônes, mais en fait elles représenteraient près de 40% des cas.

Plusieurs travaux suggèrent l'existence de formes infra-cliniques dites « frustes » parmi les apparentés de patients porteurs d'un kératocône. Ces formes frustes pourraient correspondre en fait à des kératocônes d'expressivité faible uniquement détectables par la topographie cornéenne.

Wang et all. estiment ainsi que le risque relatif d'être atteint d'un kératocône est 15 à 67 fois supérieur chez les apparentés de premier degré par rapport au risque de la population générale.

La plupart des études familiales font état d'une hérédité autosomique dominante avec une pénétrance et une expressivité variable. Dans certains isolats génétiques, avec notamment une consanguinité, on signale un mode de transmission autosomique récessif. Les différentes analyses de liaison, effectuées au sein de familles de patients porteurs de kératocône, ont permis de mettre en évidence des régions chromosomiques qui se modifient avec la maladie, sans pour autant pouvoir isoler des gènes responsables.

La plus grande concordance chez les jumeaux monozygotes que chez les jumeaux dizygotes est très en faveur d'une implication génétique dans la transmission de cette maladie. Une discordance entre les aspects des cornées chez certains jumeaux monozygotes est en revanche en faveur de l'existence de formes de kératocône apparemment sporadiques.

1-3- Facteurs environnementaux :

Le frottement oculaire a été rapporté comme « vigoureux » dans 45.8% des cas dans l'étude CLEK sur 1079 patients. Le frottement des yeux doit être proscrit dans le kératocône.

L'association kératocône - atopie est également retrouvée avec une plus grande fréquence. Rahi et al. rapportent 35% de manifestations atopiques (asthme, eczéma, rhinite saisonnière) chez 182 patients atteints de kératocône contre 12% chez des contrôles sains. Khan et al. rapportent 48 cas de kératocône chez 530 patients atteints de rhinite printanière (soit une prévalence de 7 contre 0,0545% dans la population générale).

L'hypothèse la plus séduisante faisant la synthèse de ces résultats suggère une combinaison de facteurs génétiques et environnementaux. Donc en plus de la susceptibilité génétique, un cofacteur environnemental pourrait être nécessaire à l'apparition des symptômes cliniques de la maladie.

Cependant, aucune donnée ne permet aujourd'hui de privilégier cette théorie par rapport à celle de la coexistence de kératocônes d'origine génétique et de kératocônes sporadiques d'origine environnementale.

1-4- Maladies associées :

Les associations les plus courantes sont la trisomie 21, l'amaurose congénitale de Leber, le prolapsus de la valve mitrale et les maladies du collagène (Ehlers-Danlos, Marfan, ostéogenèse imparfaite).

Il est toutefois difficile d'établir un lien direct entre ces pathologies et le kératocône. En effet la prévalence relativement importante du kératocône, sûrement encore sous-estimée, rend délicate l'interprétation de ces résultats.

L'approche par l'étude de gènes candidats qui consiste à rechercher des mutations dans les gènes d'intérêt codant des protéines impliquées dans le kératocône ou les maladies associées (anomalie des collagènes par exemple) s'est révélée négative.

Dans la trisomie 21, il existe une très forte association avec le kératocône, l'incidence est estimée entre 0,5 et 1,5%, soit 10 à 300 fois celle observée dans la population générale. Cette association a été rapportée à une liaison du kératocône avec le chromosome 21 ou à des facteurs environnementaux comme le frottement oculaire.

2-Physiopathologie :

La physiopathologie du kératocône demeure en l'état actuel des connaissances partiellement élucidée. Diverses stratégies ont été employées pour combler l'écart dans notre compréhension de cette maladie complexe, dans l'espoir qu'au fil du temps plus des thérapies sophistiquées seront développées.

Plusieurs facteurs sont intriqués dans la genèse et la progression de la maladie, à la fois environnementale et génétique mais la cause principale n'est pas clairement identifiée.

Bien que le développement de la maladie implique des interactions entre la génétique et l'environnement, leurs contributions relatives à la maladie est actuellement inconnue et susceptibles d'être variables.

Les facteurs environnementaux en effet, incluent les porteurs de lentilles de contact, le frottement oculaire et un terrain d'atopie.[21]

Ainsi des stratégies de recherche ont été menées pour élucider la pathogenèse du KK, elles peuvent schématiquement être classées en 4 groupes, comprenant l'histochimie, la biomécanique, une approche dite « omique » et la génétique.[21]

2.1-Approche dite « Omique » et histochimique :

L'une des premières théories de la pathogenèse du KK était une anomalie épithéliale, entraînant la libération des enzymes protéolytiques qui affaiblissent et fragilisent la cornée en dégradant le collagène contenu dans le stroma .

L'implication des cellules épithéliales dans le processus est soutenue par l'observation de irrégularités structurelles dans l'épithélium qui semblent progresser avec la maladie. Cependant, avec la microscopie optique, il y a preuve supplémentaire de changements structurels majeurs dans d'autres couches cornéennes, y compris des ruptures dans la couche de Bowman et amincissement stromal. Les changements

mineurs de pléomorphisme de l'endothélium sont très probablement secondaire à une hypoxie induite par les lentilles de contact ou mécanique par le stress.[21]

Il existe des preuves contradictoires concernant les anomalies biochimiques dans le KK, avec des niveaux en hausse, baisse ou normaux reportés de protéoglycanes.

L'examen du protéome du tissu KK a confirmé que, par rapport à la cornée normale, il y a une régulation élevée de Décorine et de Kératocane. Le protéoglycane Kératane sulfate semble être structurellement modifié dans les cornées kératoconiques, contenant peut-être moins de chaînes de sulfate de kératane. La majorité des études s'accordent à dire qu'en KK, la teneur en collagène stromal est diminuée, mais qu'il y a n'y a pas de changements dramatiques dans la distribution des différents types de collagène et leurs arrangements moléculaires au sein du stroma .[21]

2.2- Une Approche biomécanique :

Le tissu cornéen dans le KK est moins rigide que le tissu normal. L'amincissement du stroma, est une caractéristique du KK, causé par une réduction de nombres de lamelles de collagène dans la région touchée, mais le mécanisme par lequel l'amincissement se produit est incertain. Bien que l'amincissement du stroma dans le KK a été attribuée à la dégradation du collagène par enzymes protéolytiques, ou des niveaux réduits d'inhibiteurs de protéinase, il a également été proposé que le collagène n'est pas perdu mais simplement redistribué dans la cornée par glissement entre les lamelles. [21]

Les études de diffraction des rayons X fournissent certaines des preuves les plus solides pour soutenir cette théorie. D'autres études utilisant une technologie de microscopie avec génération des signaux de seconde harmonique incriminent l'insertion des faisceaux de collagène dans la couche de Bowman.[21]

2.3–Une approche génétique :

Dans la plus grande majorité des cas, la survenue du kératocône est sporadique. Les cas de kératocônes familiaux restent toutefois communs avec une prévalence bien supérieure à celle retrouvée dans la population générale [21]. Il existe aussi une concordance forte chez les jumeaux monozygotes. De plus on retrouve une association de plusieurs pathologies systémiques au kératocône. La première pathologie systémique la plus fréquemment associée est la trisomie 21, mais potentiellement parce qu'elle est associée à des frottements oculaires intenses et fréquents. Il y aurait aussi une association avec l'amaurose congénitale de Leber. Ces observations permettent de renforcer l'hypothèse d'une prédisposition génétique à l'apparition kératocône.[21]

3–Diagnostic Positif

3-1–Circonstances de découverte :

L'examen ophtalmologique peut être motivé par une symptomatologie fonctionnelle en rapport avec l'astigmatisme myopique irrégulier évolutif. Les signes fonctionnels sont alors peu spécifiques et rapportés comme un flou visuel, une photophobie, une impression de brouillard, de baisse d'acuité visuelle progressive surtout de loin. Il n'est pas rare non plus de porter le diagnostic lors d'un examen systématique, notamment lors d'un bilan préopératoire d'un patient demandeur de chirurgie réfractive. Dans ce cas, sans signes fonctionnels, l'examen vidéotopographique fera le diagnostic de ces formes frustes ou débutantes.

3-2-Examen Clinique :

L'examen clinique sera contributif à un stade avancé de la maladie et reflètera à des degrés variables : l'ectasie cornéenne, l'amincissement cornéen et les opacités cornéennes.

L'examen biomicroscopique confirme, en fente fine, l'amincissement cornéen et la saillie conique qui déforme la fente lumineuse[4] (Figure 32).

L'examen biomicroscopique est surtout riche de renseignements dans l'analyse des opacités cornéennes qui peuvent éventuellement accompagner la protrusion. La fréquence de ces opacités augmente avec la sévérité du kératocône.

- *L'anneau de Fleischer* est un anneau partiel ou complet de coloration brune, situé à la base du cône. Il est dû à un dépôt de ferritine, en provenance des larmes, à l'intérieur de l'épithélium cornéen. Plus visible en lumière bleue et lorsque la pupille est dilatée, il évolue avec l'ectasie cornéenne, tendant à devenir complet (Figure 33).
- *Les nerfs cornéens* peuvent être *anormalement visibles* chez ces patients jeunes. Cette visibilité est cependant inconstante et non spécifique.
- *Les stries de Vogt* sont des lignes de contrainte, fines, alignées le long du méridien de plus grande courbure (Figure34). Elles sont profondément situées dans le stroma cornéen postérieur, juste en avant de la membrane de Descemet et disparaissent lorsqu'on exerce une pression externe sur le globe.
- *Les lignes cicatricielles superficielles* intéressent le stroma antérieur au sommet du cône. Elles ont souvent un aspect réticulaire et représentent des ruptures de la couche de Bowman comblées par du tissu cicatriciel (Figure 35).
- *Les cicatrices profondes* résultent de la cicatrisation des ruptures de la membrane de Descemet (Figure 36).

Le kératocône aigu ou hydrops cornéen est la traduction d'une rupture aiguë de la membrane de Descemet. L'irruption d'humeur aqueuse à l'intérieur de la cornée provoque un œdème épithélial et stromal brutal et l'apparition d'une opacité profonde diffuse.[4]

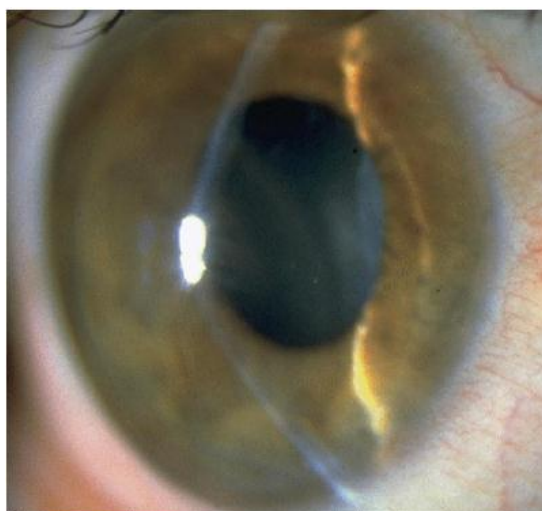


Figure 32 : Protrusion conique centrale de la cornée.[22]



Figure 33 : Anneau de Fleischer . [23]

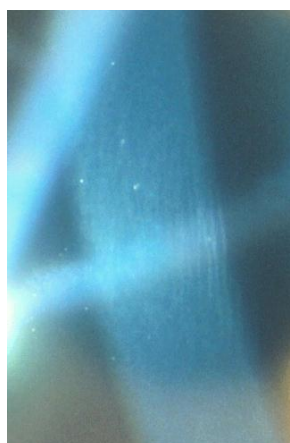


Figure 34 : Stries de Vogt[22]

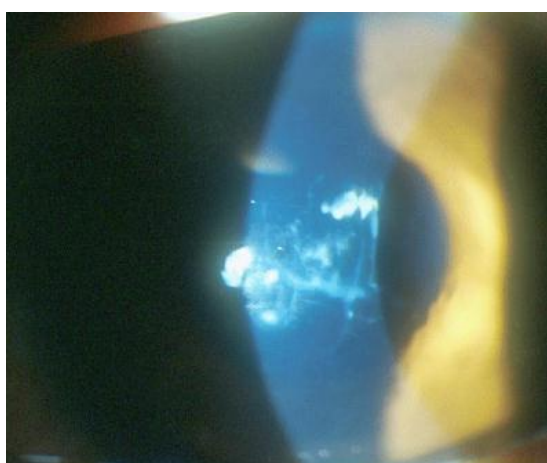


Figure 35 : Cicatrices superficielles réticulaires par ruptures de la couche de Bowman.[22]



Figure36 : Cicatrice descemetique profonde après poussée de kératocône aigu.[22]

3-3-Examens Paracliniques

Ils permettent de confirmer le diagnostic de kératocône et de préciser la localisation et le stade de la maladie.

Certaines techniques d'imagerie comme la topographie cornéenne et l'imagerie par tomographie par cohérence optique (OCT) sont plutôt morphologiques et anatomiques. D'autres comme l'aberrométrie sont plus fonctionnelles et permettent l'étude de la qualité de l'image rétinienne grâce au recueil du front d'onde oculaire.[24]

Les indications préférentielles de ces investigations dépendent du contexte clinique et de l'histoire naturelle du kératocône.

3.3.1-Pachymétrie ultrasonore :

Elle est réalisée de façon manuelle et permet de mesurer l'épaisseur cornéenne centrale et de la comparer à l'épaisseur cornéenne périphérique. Elle oriente vers le niveau de sévérité de la maladie.

3.3.2-Vidéotopographie :

Le diagnostic précoce d'un kératocône infra-clinique se base sur l'analyse de la forme de la cornée par la topographie cornéenne.

La topographie spéculaire « réflective » est fondée sur le disque de Placido. Elle permet d'obtenir une cartographie de la courbure cornéenne en fonction de la distance mesurée entre des mires circulaires concentriques projetées sur la cornée[4].

Les différents aspects topographiques observés dans la population générale mettent souvent en évidence une atteinte différente entre les deux yeux avec cependant, un certain degré d'énantiomorphisme, c'est-à-dire de symétrie en miroir. Une perte de l'énantiomorphisme est fréquente dans le kératocône.

Les formes topographiques suspectes de kératocône sont un bombement cornéen inférieur, une angulation des deux héli-méridiens celle-ci est à risque

lorsqu'elle dépasse 21° , une asymétrie des deux hémimériens et une asymétrie couplée à une angulation des deux hémimériens (figure 37).

Rabinowitz et McDonnell ont été les premiers à proposer une méthode numérique de détection systématique du kératocône. Cette méthode repose sur une asymétrie cornéenne supérieure à 1,5D, calculée par l'indice I-S qui est la différence de puissance dioptrique entre les zones supérieure et inférieure de la région paracentrale de la cornée sur un cercle de 3 mm. Les deux autres critères sont : une puissance cornéenne centrale supérieure à 47D et une asymétrie de kératométrie centrale supérieure à 1D entre les deux yeux. De nombreux indices ou algorithmes plus ou moins sophistiqués ont été développés pour tenter de discriminer objectivement les topographies de courbures anormales kératocôniques des formes normales. Tous peuvent être pris en défaut.[4]

La topographie d'élévation mesure la forme exacte des faces antérieure et postérieure de la cornée par rapport à une sphère de référence. L'étude de la face postérieure est importante car sa déformation, analysée par balayage d'une fente lumineuse (l'Orbscan par exemple) ou par imagerie Scheimpflug (le Pentacam par exemple), apparaît probablement avant celle de la face antérieure.[4]

Il est classique de considérer une élévation postérieure, par rapport à la sphère de référence, supérieure à $40\ \mu\text{m}$ à l'Orbscan. Cette valeur est probablement plus basse, vers $30\ \mu\text{m}$ au Pentacam.

De nombreux critères de détection du kératocône infraclinique ont été proposés : sphère de référence postérieure supérieure à $50\ \mu\text{m}$, critères de Roush, d'Efkarpides, de Tanabe, pachymétrie inférieure à $500\ \mu\text{m}$. Une convergence et un décalage, souvent inférotemporal, des points remarquables (le point le plus fin, le point le plus élevé antérieur et celui le plus élevé postérieur) sont souvent retrouvés.[4]

La confrontation de cartes spéculaires et d'élévation et la recherche de différents critères de suspicion sont autant d'éléments de présomption en faveur d'un kératocône. Seuls les critères ayant fait l'objet de publication sont à considérer.

La surveillance topographique dans le temps sera alors primordiale pour dépister, à l'aide ou pas de cartes différentielles, une modification de paramètres, concomitante à l'évolution du kératocône.

▪ Critères de diagnostic topographiques sur Pentacam :

La lecture de la topographie cornéenne ne cherche pas un kératocône avéré, mais plutôt une cornée à risque ; plusieurs signes peuvent révéler cette dernière. Après s'assurer d'une bonne capture, une analyse des différents paramètres numériques, et cartes colorimétriques se fait comme ce qui suit[25] :

- Une kératométrie moyenne (Km) inférieure à 48D
- Une épaisseur cornéenne fine inférieure à 500 μ m ; en effet plusieurs facteurs affectent l'épaisseur cornéenne comme l'âge, le sexe, l'environnement, les facteurs génétiques, la race, les pathologies cornéennes et les variations diurnes.
- La carte sagittale antérieure doit être étudiée en termes de :
 - *L'asymétrie inférieur-supérieur(I-S) qui est la différence entre les deux points opposés situés sur l'axe vertical dans la zone de 4mm selon Rabinowitz, $I-S < 1,5D$ si $I > S$ ou $S-I < 2,5D$ si $S > I$
 - *L'angulation entre les deux hémiméridiens (SRAX) qui doit être inférieur à 22°.
 - *Les formes à faible, moyen ou haut risque (Figure 21)
- Les cartes d'élévation sont évaluées par 2 méthodes : la sphère de référence (BFS : Best Fit Sphere) et sphère de référence type torique ellipsoïde (BFTE : Best Fit Toric Ellipsoid) ; en effet BFS est recommandé par Michael Belin et Renato Ambrosio, tandis que BFTE par Jack Holladay.

Pour la méthode BFS, l'élévation du point le plus fin doit être inférieure à $8\mu\text{m}$ pour l'élévation antérieure et inférieure à $18\mu\text{m}$ pour l'élévation postérieure si le patient est emmétrope ou myope ; inférieure à $7\mu\text{m}$ et $28\mu\text{m}$ pour l'élévation antérieure et postérieure successivement si le patient est hypermétrope ou ayant un astigmatisme mixte.

- La carte pachymétrique doit être symétrique, ne doit pas être décentrée vers le bas
- La courbe de progression ne doit pas quitter son couloir avec une moyenne d'indice de progression ne dépassant pas 1.2.

Les particularités du Pentacam est la carte de Belin Ambrosio Display (BAD), c'est une carte d'élévation basée sur un système de classification développé par Michael Belin et Renato Ambrosio pour la détection précoce des ectasies cornéennes. Le BAD est basé sur le principe de BFS amélioré. En effet le BAD permet de mieux mettre en relief le cône du kératocône par l'exclusion sur 9 mm, d'un cercle de 4mm autour de l'apex (la zone la plus cambré) pour le calcul d'une nouvelle BFS améliorée.[25]

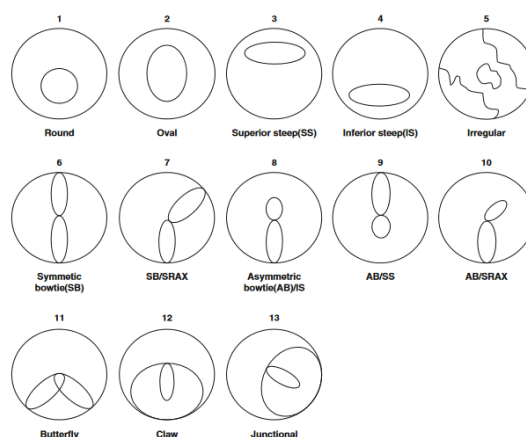


Figure 37 : Schématisation des différentes anomalies topographiques les plus fréquemment retrouvées en cas de kératocône dans la carte sagittale antérieure.[26]

3.3.3–La tomographie en cohérence optique (OCT) du segment antérieur :

L'épithélium cornéen change en réponse aux irrégularités stromales sous-jacentes, ce qui fait que l'analyse de l'épithélium cornéen et le stroma séparément peut nous apporter des informations additionnelles pour le diagnostic du kératocône.[27]

La tomographie par cohérence optique (OCT) est une technique non-contact, basé sur le principe de l'interférométrie ; elle est de plus en plus utilisée dans le kératocône. Elle permet l'obtention de la pachymétrie (épaisseur cornéenne) et des cartes de l'épaisseur épithéliale [27] (Figure 38). Elle permet aussi une mesure et une étude morphologique des différentes couches de la cornée ce qui est utile pour évaluer le stade de la maladie et pour le suivi du traitement par cross-linking.

La pachymétrie de l'OCT montre, dans le kératocône, un amincissement para central inférieur et une différence supérieure à 45 μm entre la partie nasale supérieure et temporelle inférieure des 5 mm centraux de la cornée. Le point épithélial le plus fin est en général localisé en inférieur [28]. Le mapping épithélial montre un amincissement épithélial inférotemporal et un épaississement supéronasal [27](Figure 39).

Les éléments orientant vers un kératocône fruste :

- Une carte pachymétrique objectivant un décalage temporel inférieur du point le plus fin.
- Une épaisseur du point épithélial le plus fin < 520 μm .
- Une localisation inférieure du point épithélial le plus fin.
- Un aspect en Doughnut : amincissement épithélial localisé à l'apex entouré d'une couronne d'épithélium épaissi [29].

Une nouvelle classification anatomique, basée sur l'OCT, en 5 stades a été établie par l'équipe de Sandali et al [28]. Elle est développée ci-après.

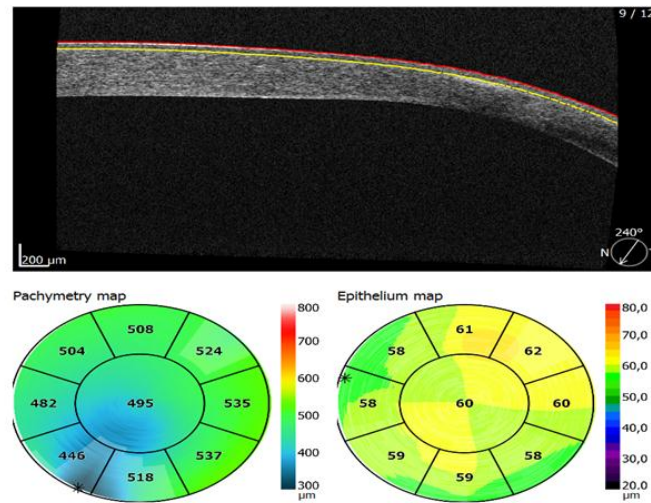


Figure 38 : Image OCT étayant les différentes couches cornéennes ainsi que les cartes pachymétriques [30]

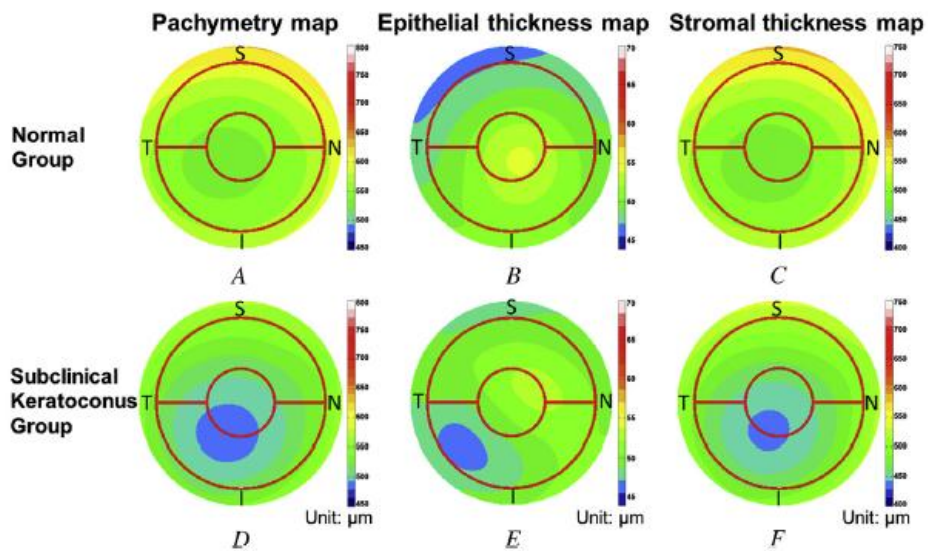


Figure 39 : Cartes de pachymétrie, d'épaisseur épithéliale et stromale des yeux normaux (A-C) et kératocône infra clinique (D-F)[27]

I=Inférieur-S=Supérieur-N=Nasal-T=Temporal

3.3.4–Aberrométrie :

L'aberrométrie de la cornée permet d'évaluer et de modéliser les particularités optiques fines d'une cornée. Les aberromètres utilisent généralement les propriétés du front d'onde de la lumière qui traverse la cornée. Un front d'onde qui traverse un milieu optiquement parfait reste homogène et se propage à la même vitesse. Lorsque l'onde lumineuse traverse un milieu optiquement imparfait, comme peut l'être une cornée par exemple, certaines parties du front d'onde seront retardées par rapport à d'autres. Le retard de front d'onde est lié à une aberration optique. Le front d'onde est donc perturbé dans sa progression selon un profil qui traduit les particularités optiques de la cornée. Le délai d'arrivée du front d'onde ayant traversé la cornée est modélisé puis assimilé aux formes géométriques qui décrivent le mieux le front de progression de l'onde lumineuse à un instant donné. Par exemple, un front d'onde peut être décrit en le décomposant géométriquement selon des polynômes comme ceux de Zernike [10].

Ainsi, l'aberrométrie permet d'évaluer le défaut optique de la cornée de manière beaucoup plus fine et personnalisée que la simple analyse de la défocalisation globale (myopie, hypermétropie, astigmatisme). Elle fournit une carte de défocalisation optique [10].

L'intérêt de l'aberrométrie dans le dépistage du kératocône s'est affirmé par plusieurs études. Ainsi, elle pourra différencier entre cornée saine et les kératocônes suspect, fruste et débutant, en montrant une augmentation des aberrations optiques monochromatiques de haut grade. Les aberrations élémentaires les plus discriminantes dans le dépistage du kératocône suspect sont les aberrations de 3^{ème} ordre " le coma et le tréfoil"[31].(figure 40)

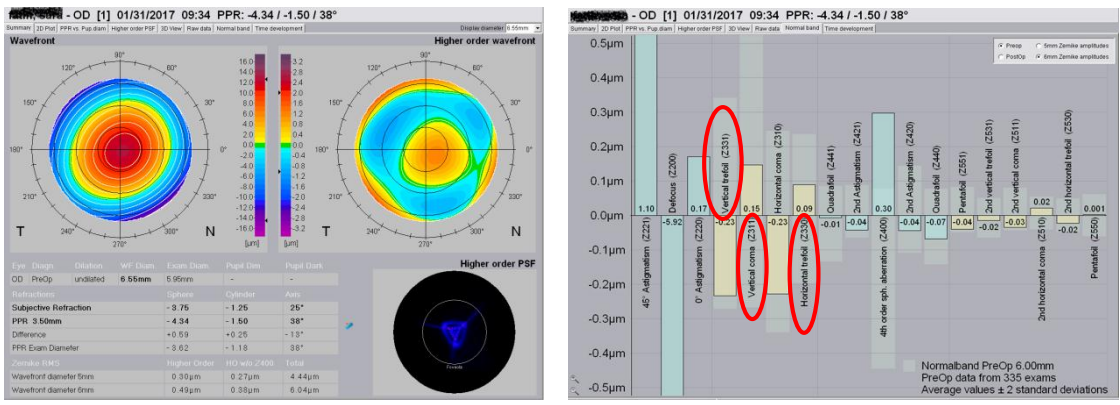


Figure 40 : Aberrométrie de l'œil adelphe d'un kératocône (kératocône fruste). L'ensemble des aberrations de haut degré pour un diamètre pupillaire de 6 mm = 0.49 µm, nous notons également une Prédominance des aberrations de haut degré type: coma verticale (0,15µm), coma horizontale (-0,23µm) et le tréfoil vertical (-0,23 µm.)

Les aberrations sphériques ne semblent avoir qu'un intérêt très limité dans les stades précoces de kératocône. Car au cours de cette pathologie, la cornée se déforme avant de bomber. Nous pouvons différencier alors :

- Un temps « optique précoce » où le décentrement et la perte d'alignement sont dominants, générant des aberrations irrégulières type coma, tréfoil ou astigmatisme secondaire.[31]
- Un temps « optique tardif » où la cornée hyperprolate génère des aberrations sphériques responsables de halos.[31]

Le relevé aberrométrique peut influencer le passage plus précoce à un équipement en lentilles rigides dont l'une des vertus est de supprimer une partie des aberrations optiques non corrigées par les lunettes.

3.3.5-L'analyseur de la réponse oculaire (ORA) :

L'analyseur de réponse oculaire utilise un jet d'air pour enregistrer deux mesures d'aplanation : une quand la cornée se déplace vers l'intérieur et une lorsque la cornée revient à sa position normale. La moyenne de ces deux mesures de pression intra oculaire (PIO) fournit une mesure de la PIO corrélée à celle mesuré par le Goldmann. La différence entre les mesures de la PIO est appelée hystérèse cornéenne (Figure 41) [32].

L'hystérèse cornéenne n'est pas une mesure de la rigidité de la cornée, mais plutôt la façon dont le tissu cornéen absorbe une pression donnée et la dissipe en énergie lors de la déformation et du retour (Figure 42). L'hystérèse cornéenne semble fournir une mesure de la PIO qui est moins affectée par des facteurs tels que chirurgie réfractive. Il offre également des informations sur les patients atteints de glaucome, susceptibles de progresser et il peut servir de biomarqueur pour faciliter la détection des cas de glaucome.[32]

L'évaluation clinique de l'hystérèse cornéenne et donc de la biomécanique cornéenne a évolué rapidement depuis l'introduction du premier instrument fournissant des informations détaillées sur les paramètres de déformation biomécanique in vivo, y compris *la profondeur* et la *forme du déplacement cornéen* enregistrés par imagerie *Scheimpflug* ultra-rapide après l'application d'une charge sur cette cornée.

Dans le cadre de détection des cornées à risque lors du bilan de chirurgie réfractive surtout, plusieurs études ont suggéré que la modification cornéenne initiale est d'ordre biomécanique. Les autres modifications du profil d'épaisseur de courbures cornéennes sont une réponse secondaire à l'affaiblissement biomécanique[33]. En se basant sur ces données et sur une exploration par imagerie scheimpflug, un nouvel indice a été développé pour caractériser ces modifications biomécaniques de la

Qualité de vie des porteurs de lentilles de contact pour kératocône Thèse N°329/21
cornée, le "CBI" (corvis biomechanical index) qui a une grande sensibilité et spécificité dans la détection du kératocône infra-clinique[34]. Par la suite, le "TBI" (tomographic biomechanical index) a été développé sur la base de l'intelligence artificielle, cet indice combine des caractéristiques biomécaniques et tomographiques dans un outil plus robuste pour la détection des cornées ectasiques[35] (figure 43).

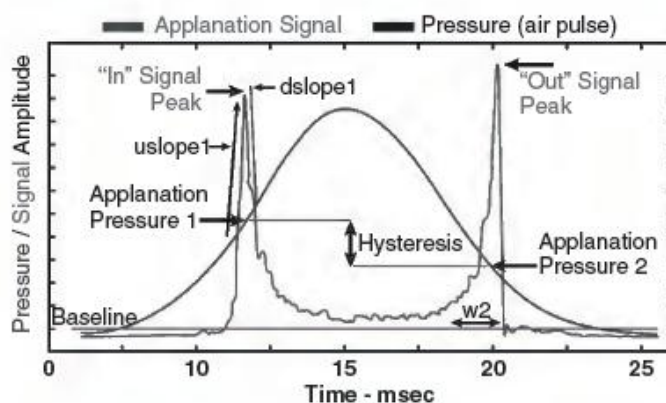


Figure 41 : Hystérèse cornéenne mesurée par l'analyseur de la réponse oculaire[32]

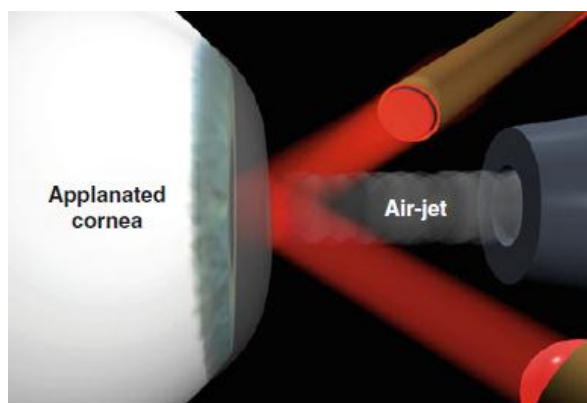


Figure 42 : Principe de L'analyseur de réponse oculaire [26]

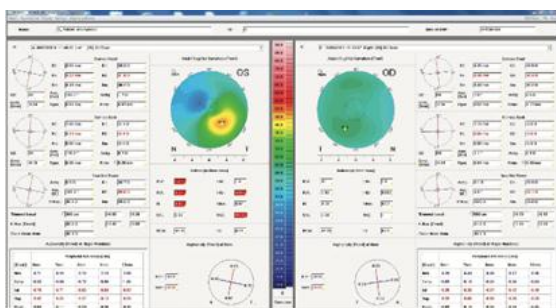


Figure 43 a : Topographie de l'œil droit et gauche d'une ectasie cornéenne asymétrique avec une topographie normal en OD et KK stade 2 en OG

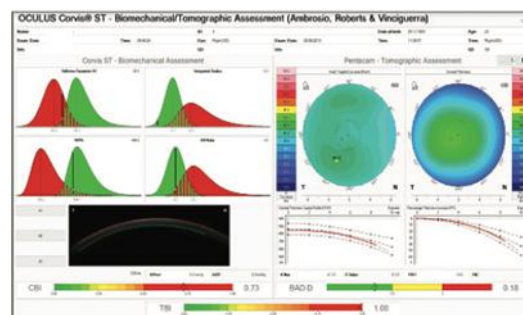


Figure 43 b :Evaluation biomécanique topographique de l'œil droit avec un TBI et CBI anormaux.

4-Classifications :

4-1-Classification d'Amsler :

La classification d'Amsler, depuis 1946, classe le kératocône en quatre stades selon des paramètres cliniques :

- **STADE 1** : astigmatisme oblique avec asymétrie perceptible au kératomètre de Javal.
- **STADE 2** : l'astigmatisme est plus marqué, l'asymétrie plus manifeste, avec un amincissement de la cornée qui reste transparente au biomicroscope ;
- **STADE 3** : toute mesure au Javal, même approximative, est impossible et l'amincissement cornéen est marqué ;
- **STADE 4** : en plus des signes précédents, présence d'opacités cornéennes linéaires.

4-2-Classification de Krumeich :

La classification topographique de Krumeich repose sur l'analyse de la myopie, l'astigmatisme, la kératométrie, la pachymétrie au sommet et la présence ou non d'opacité cornéenne.

Cette classification a pour avantage de fournir des repères chiffrés pour, d'une part, surveiller une éventuelle progression, mais aussi pour classer le kératocône (Figure 44).



Figure 44 : Classification de Krumeich

Stade I :

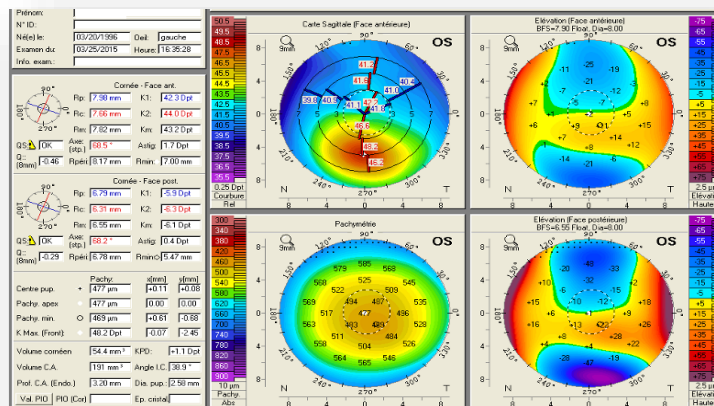


Figure 45 :Topographie cornéenne de l'œil gauche d'un KK stade 1

Avec une myopie et astigmatisme < 5.00D,une kératométrie maximale des 3 mm centraux <48D

Stade II

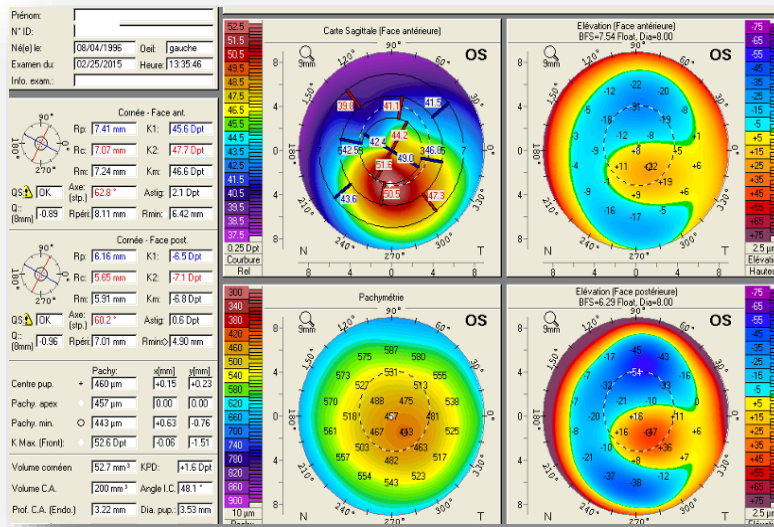


Figure 46 :Topographie cornéenne OG d'un KK stade 2

Une myopie et astigmatisme compris entre 5.00 D et 8,00 D,une kératométrie maximale des 3 mm centraux < 53.00 D et une pachymétrie minimale > 400μm

Stade III

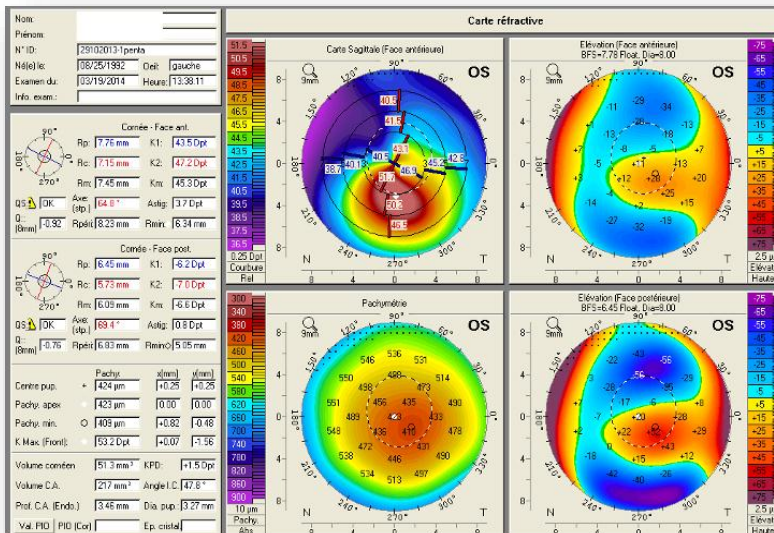


Figure 47 : Topographie cornéenne OG d'un KK stade 3

Une myopie et astigmatisme compris entre 8.00D et 10,00D,une kératométrie maximale des 3 mm centraux > 53.00D et une pachymétrie minimale comprise entre 300– 400μm.

Stade IV

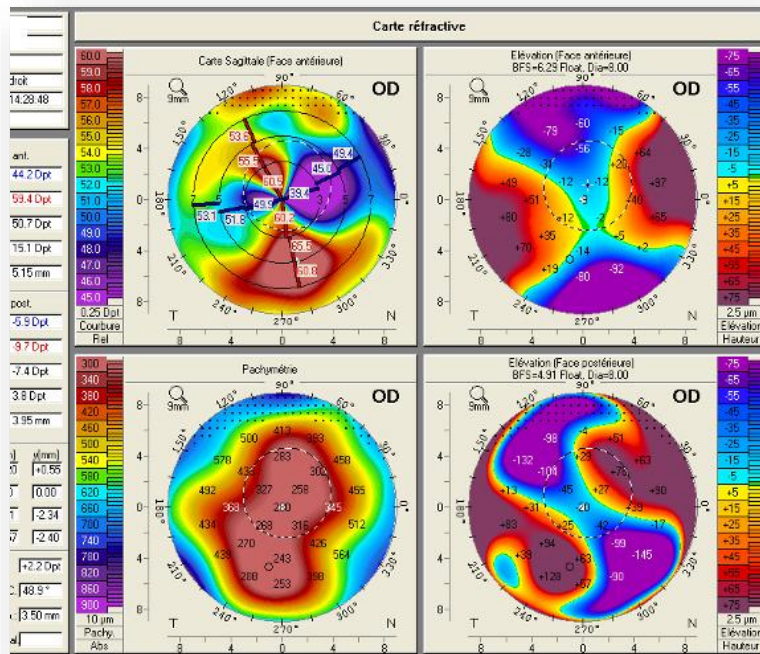


Figure 48:Topographie cornéenne OD d'un KK stade 4

La réfraction est non mesurable ,la kératométrie maximale des 3 mm centraux > 55.00D avec une pachymétrie minimale < 200µmet une opacité cornéenne axiale.

4-3-La nouvelle Classification anatomique:

Établie par l'équipe de Sandali et al[28],c'est une classification anatomique basée sur l'OCT, en 5 stades (Figure 49)

- **Stade 1:** amincissement des couches épithéliales et stromales d'apparence normale au niveau du cône cornéen
- **Stade 2:** hyper réflectivité au niveau de la couche de Bowman et épaissement épithélial en regard au niveau du cône. A ce stade, l'épaississement épithélial peut masquer l'amincissement du stroma, alors que la pachymétrie reste inchangée

- **Stade 3**: invagination postérieure de structures hyper réfléchives au niveau de la couche de Bowman, avec accentuation de l'épaississement épithélial et de l'amincissement stromal
- **Stade 4**: cicatrice panstromale au niveau du cône
- **Stade 5**: hydrops : * Stade aigu 5a,
* Stade cicatriciel 5b

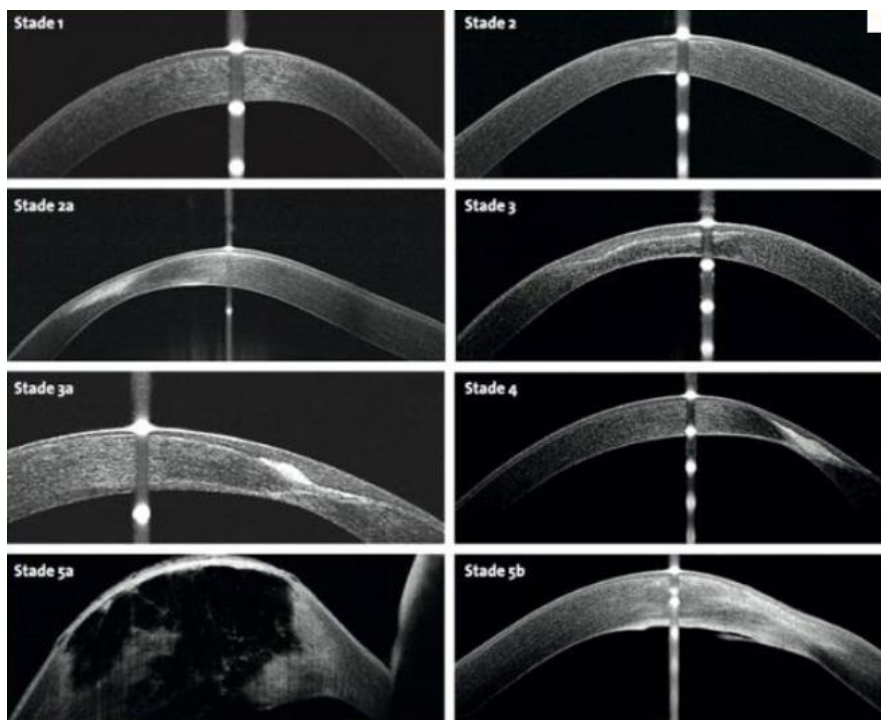


Figure 49 : Classification OCT du kératocône basée sur les modifications des couches cornéennes au niveau du cône.

4.4–Classification ABCD de Belin

Le système de classification ABCD de Belin a été introduit sur l'Oculus Pentacam en réponse à la fois aux lacunes du système Amsler–Krumeich (AK) et aux besoins décrits dans le Consensus mondial sur le kératocône et l'ectasie (Global Consensus on Keratoconus and Ectatic Disease). [36]

Bien qu'initialement publiés en tant que nouveau système complet de classification, les paramètres ABCD ont également été utilisés par la suite dans un affichage de progression séparé (Belin ABCD Progression Display). Les paramètres de progression antérieurs étaient tous basés sur la surface cornéenne antérieure, ce qui signifiait qu'une perte d'acuité visuelle devait être présente et qu'une perte supplémentaire était nécessaire pour déterminer la progression de la maladie.

Le nouveau système ABCD utilise 4 paramètres (Figure 50):

Paramètre « A » : rayon de courbure antérieur dans la zone de 3,0 mm centrée sur le point le plus fin de la cornée.

Paramètre « B » : rayon de courbure postérieur dans la zone de 3,0 mm centrée sur le point le plus fin de la cornée

Paramètre « C » : Pachymétrie la plus fine en μm

Paramètre « D » : « Acuité visuelle corrigée de la meilleure distance » (DVCA).
Ce paramètre n'est pas généré par la machine mais doit être saisi par l'utilisateur.

ABCD Criteria	A ARC (3 mm Zone)	B PRC (3 mm Zone)	C Thinnest Pach μm	D BDVA	Scarring
Stage 0	>7.25 mm (<46.5 D)	>5.90 mm (<57.25 D)	>490 μm	=20/20 (=1.0)	-
Stage I	>7.05 mm (<48.0 D)	>5.70 mm (<59.25 D)	>450 μm	<20/20 (<1.0)	-, +, ++
Stage II	>6.35 mm (<53.0 D)	>5.15 mm (<65.5 D)	>400 μm	<20/40 (<0.5)	-, +, ++
Stage III	>6.15 mm (<55.0 D)	>4.95 mm (<68.5 D)	>300 μm	<20/100 (<0.2)	-, +, ++
Stage IV	<6.15 mm (>55.0 D)	<4.95 mm (>68.5 D)	= 300 μm	<20/400 (<0.05)	-, +, ++

Figure 50 : La nouvelle classification ABCD du kératocône [36]

La classification ABCD de Belin fait actuellement partie de l'affichage Topométrique/Kératocône. Les quatre paramètres ABCD sont affichés à la fois graphiquement, avec les valeurs réelles du rayon de courbure et de la pachymétrie (Figure51).

Les avantages de la classification ABCD sont qu'elle décrit chaque couche cornéenne indépendamment, avec sa mesure centrée sur le point le plus fin, qui correspond généralement à l'apex du cône, et utilise la pachymétrie la plus fine par opposition à une lecture apicale centrale. Dans les yeux kératoconiques, les différences entre les lectures de pachymétrie apicale et le point le plus mince peuvent souvent dépasser 100 microns.

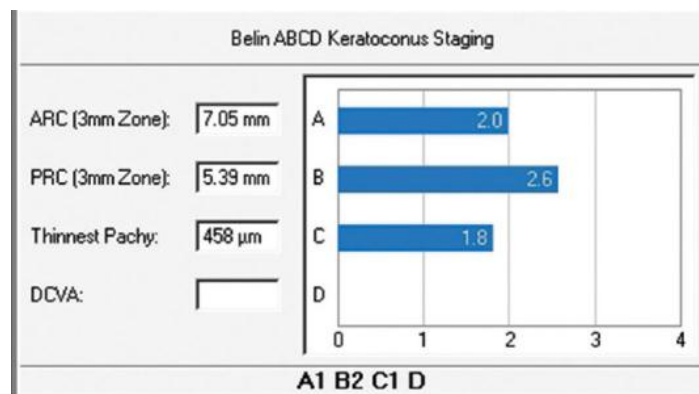


Figure 51 : Représentation graphique des 4 paramètres de la classification ABCD[36]

ARC : Rayon de courbure antérieur/PRC : Rayon de courbure Postérieur

5-Formes cliniques :

5.1-Formes unilatérales :

Il n'existe réellement pas de formes unilatérales, il faut plutôt chercher un Kératocône fruste et surveiller l'œil d'apparence sain.

5.2-Forme compliquée :

Le kératocône aigu ou Hydrops est l'évolution redoutable du kératocône. Il est secondaire à une rupture de la membrane de Descemet. Le tableau clinique est fait d'œil rouge douloureux avec une baisse de l'acuité visuelle, photophobie, Larmoiement et un œdème épithélial et stromal qui évoluent vers une cicatrice cornéenne.

6-Diagnostic différentiel :

Il se pose avec les autres causes d'ectasies et d'amincissements cornéens.

6-1- Corneal warpage

Aussi appelé syndrome de déformation induite par lentille, le « corneal warpage » est une modification de la forme de la cornée, induite par pression d'une lentille en général rigide, parfois souple. Souvent il s'agit d'une lentille mal adaptée, trop plate ou avec une perméabilité à l'oxygène basse. Cela induit des anomalies vidéotopographiques proches de celles du kératocône mais l'ectasie se situe plutôt dans la moitié supérieure. Il existe un astigmatisme central irrégulier plus modéré que dans le kératocône, un aspect en nœud de papillon asymétrique ou des zones de cambrures localisées, une réduction de l'asphéricité cornéenne négative. Les indices d'irrégularité sont moins perturbés que dans le kératocône.

Les mesures kératométriques centrales sont assez proches de la normale. La carte pachymétrique est normale. Il n'y a pas d'atteinte de la face postérieure.

La diminution ou disparition de ces signes à l'arrêt du port de lentille pendant au moins 3 à 4 semaines est en faveur du diagnostic.

6-2-Ectasie cornéenne post-LASIK :

Il s'agit d'une complication post-chirurgie réfractive dont l'aspect est proche de celui d'un kératocône. Cela se présente comme un amincissement progressif avec bombement de la cornée et l'évolution est similaire à celle d'un kératocône.

Les signes évocateurs sont: modification de la réfraction progressive avec astigmatisme irrégulier myopique, baisse d'acuité visuelle avec correction concomitante, anomalies de la topographie cornéenne évocatrices d'un kératocône (augmentation de la cambrure paracentrale inférieure en regard d'une augmentation franche de l'élévation en face postérieure) [23].

La plupart des cas d'ectasie post-LASIK semblent présenter un kératocône fruste ou suspect avant l'intervention. Deux mécanismes ont été décrits pour expliquer l'apparition d'une ectasie postopératoire: un affaiblissement biomécanique de la cornée par non-respect du lit stromal postérieur résiduel minimal ou la décompensation d'un kératocône méconnu[4].

Il existe actuellement des recommandations contre-indiquant la réalisation du LASIK, notamment devant une pachymétrie centrale inférieure à 500 μm , lit stromal résiduel inférieur à 250 μm , anomalie cornéenne notamment topographique évocatrice d'un kératocône fruste ou suspect, antécédent familial de kératocône.

6-3- Dégénérescence marginale pellucide :

La dégénérescence marginale pellucide (DMP) correspond à un amincissement cornéen périphérique inférieur. L'atteinte est bilatérale avec des stades comparables aux deux yeux. L'amincissement intéresse une bande inférieure étroite de 1 à 2 mm de large. La cornée centrale est d'épaisseur normale et fait saillie au-dessus de la zone amincie. Le diagnostic est tardif, à partir de 40 ans en général. Il existe une baisse d'acuité visuelle secondaire à un astigmatisme inverse irrégulier.

L'aspect topographique est typique, sous forme d'un bombement cornéen inférieur périphérique se prolongeant sur les méridiens nasaux et temporaux, aplatissement de la cornée supérieure et astigmatisme inverse. L'image est typiquement décrite en « pincés de crabe ».

6-4- Kératoglobe :

Il s'agit d'un amincissement diffus de toute la cornée, plus marqué en périphérie, parfois associé à un amincissement scléral. C'est une pathologie rare, bilatérale, non ou peu évolutive. La cornée a un aspect globuleux sans anneau ferrique. Le principal risque est la rupture cornéenne ou la perforation, pouvant survenir même après un traumatisme minime.

7-Prise en charge du kératocône :

La prise en charge des patients porteurs de kératocônes a été redéfinie par la conférence de consensus de 2015. Elle est centrée sur la réhabilitation visuelle, qui fait appel aux lunettes et lentilles de contact et dans une moindre mesure, aux anneaux intra-cornéens et à la greffe de cornée. Le second axe de cette prise en charge vise à arrêter la progression du kératocône. Le frottement oculaire est un élément majeur dans l'évolutivité des kératocônes.

Aussi, il est particulièrement important d'informer le patient dès le diagnostic de la maladie de la nécessité d'arrêter de se frotter les yeux. Le traitement d'une conjonctivite allergique est primordial. En cas de kératocône évolutif et avec une cornée transparente, un *cross-linking* (CXL) peut être proposé.[5]

Les modalités de gestion du kératocône peuvent être divisées en modalités interventionnelle et non interventionnelles.

7.1-Modalités non interventionnelles :

7.1.1-Correction Optique par les lunettes :

Dans les cas de kératocône débutant, des lunettes peuvent suffire pour la correction de l'astigmatisme régulier ou irrégulier. Dans les cas modérés, les lunettes peuvent toujours être le meilleur choix lorsque la maladie est stable, l'erreur de réfraction et la qualité de vision sont raisonnables.

7.1.2-Correction optique par lentilles de contact :

Les lentilles de contact demeurent la modalité de prise en charge de première ligne pour la réhabilitation visuelle des patients et ce à différentes étapes de l'évolution de la maladie cornéenne.[4]

L'adaptation peut concerner des kératocônes non opérés ou après traitement chirurgical. Elle est possible en lentilles rigides surtout, souples, en Piggy-back, ou hybrides, ou en verres scléaux.[4]

7.2-Modalités interventionnelles :

7.2.1-Cross-Linking du collagène cornéen (CXL) :

Son principe repose sur une photo-polymérisation du collagène présent dans le stroma cornéen. L'irradiation du stroma cornéen préalablement imprégné de Riboflavine (vitamine B2) par des photons ultraviolets A (UVA) à 370 nm va permettre la création de liaisons covalentes entre les fibrilles de collagène et ainsi de «rigidifier» une cornée initialement biomécaniquement instable.[5]

L'indication principale du *cross-linking* est la prise en charge des kératocônes évolutifs. Cependant, à ce jour, aucun critère clinique ou para-clinique n'est réellement validé[4]. Les critères retrouvés dans la littérature ne restent qu'indicatifs, et la surveillance des patients est primordiale.

L'indication d'un CXL est posée sur un faisceau d'arguments : les critères de progression du kératocône sont analysés et les contre-indications relatives recherchées (Tableau 6).

Tableau 6: Critères pouvant être pris en compte pour poser l'indication de cross-linking.[5]

Critères en faveur de la réalisation d'un CXL	Critères en défaveur de la réalisation d'un CXL
<ul style="list-style-type: none"> • Evolution de la kératométrie maximale :+1D en 3-6mois ou +2D à 1an • Baisse de la meilleure acuité visuelle avec correction • Amincissement de la pachymétrie (notamment le point le plus fin) 	<ul style="list-style-type: none"> • Opacité centrale • Infection active • Antécédents d'infection à HSV • Grossesse

Il existe différentes méthodes de CXL :

La technique dite « standard », de référence (protocole de Dresden), qui après ablation de l'épithélium cornéen, consiste à des instillations répétées de la Riboflavine chaque 3min pendant 30 min c'est la phase de "soaking", suivi d'une phase d'irradiation par les UVA selon une irradiance à 3mW/cm² pendant 30 min (Figure 52). [5]

Des alternatives au CXL conventionnel ont été décrites afin de raccourcir le temps opératoire. La première fut celle de l'accélération du CXL (A-CXL), celle-ci s'accompagne d'une pénétration plus superficielle, qui semble néanmoins suffisante. La réduction des UV-A à 3 minutes et l'augmentation maximale de l'irradiance à 30 mW/cm² est la limite établie. En dessous de celle-ci, la réaction chimique est inhibée

par le manque d'oxygène disponible pour obtenir la production des radicaux libres hyperactifs à l'origine de la réticulation matricielle et de la cytotoxicité. Certains protocoles proposent un mode pulsé 1 min ON/1 min OFF pendant les UV-A pour promouvoir une plus forte interaction. Récemment, la saturation préalable aux UV-A du stroma cornéen en oxygène a permis de potentialiser l'effet du CXL à travers un épithélium non débridé[37].

La deuxième fut l'augmentation de la perméabilisation à la riboflavine de l'épithélium. La riboflavine est une molécule de haut poids moléculaire, de ce fait, elle a des difficultés à passer les jonctions intercellulaires de l'épithélium cornéen. La perméabilisation par des conservateurs (TRIS, EDTA, vitamine E) ont permis d'améliorer son passage. L'utilisation combinée à un champ électrique institué par iontophorèse a également été proposée. Malgré le surcoût de cette procédure, une meilleure efficacité a pu être constatée.

Comme évoqué plus haut, la promotion d'un milieu saturé en oxygène semble également un moyen prometteur .[37]

Établi récemment, le protocole CXL individualisé « sub400 » standardise le traitement des cornées ultrafines et stoppe la progression du kératocône avec un taux de réussite de 90 % à 12 mois. Le protocole sub400 permet le traitement des cornées aussi fines que 214 µm de stroma cornéen, étendant considérablement la plage de traitement[38]. Il consiste à l'utilisation de riboflavine hypotonique (au lieu de la riboflavine isotonique utilisée classiquement) et à une irradiation UV-A avec une combinaison différente d'intensité et de temps d'irradiation pour chaque cornée et aussi pour que l'effet s'arrête à une marge de sécurité de 70µm de l'endothélium.

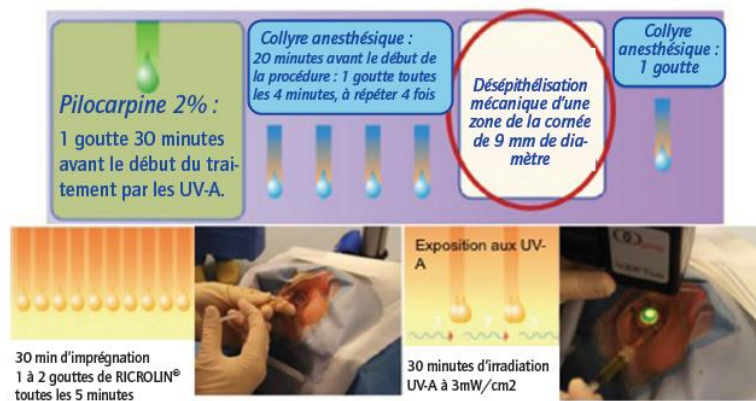


Figure 52 : CXL standard : après une anesthésie locale par collyre,

l'épithélium cornéen est abrasé sur un diamètre de 9 mm. La riboflavine (vitamine B2) est instillée toutes les 5 min pendant 30 min, suivie d'une irradiation par les UV-A à la fluence de 3 mW /cm² pendant 30 min.[5]

7.2.2-Anneaux intra-cornéens :

L'objectif majeur des anneaux intra-cornéens est d'améliorer la qualité de vision en diminuant l'astigmatisme asymétrique sans toucher au centre de la cornée ni enlever de tissu cornée[38,39]. La pose d'anneau est indiquée en cas d'intolérance aux lentilles rigides. C'est compatible avec la réalisation d'un cross-linking.

L'insertion d'anneau intra-cornéen dans la profondeur du stroma induit un effet volumétrique qui réduit la longueur d'arc sur le méridien le plus plat (méridien en général choisi pour l'implantation). Cela permet une inflexion de courbure en surface avec aplatissement central ainsi qu'un bombement relatif du méridien le plus plat. Une nouvelle zone optique centrée sur la pupille est ainsi formée.

L'objectif primaire est de réduire l'asymétrie dans la zone optique utile et si possible de diminuer la courbure [23]. La dissection d'un tunnel intra-stromal dans lequel sera inséré l'anneau peut se faire de façon mécanique à l'aide de dissecteurs ou au laser femtoseconde[40].Le choix de l'anneau se fera selon l'équivalent sphérique préopératoire, la localisation du cône, l'asymétrie de la déformation et la

Qualité de vie des porteurs de lentilles de contact pour kératocône Thèse N°329/21
pachymétrie. Les contre-indications à la pose d'anneau intra-cornéen sont les kératocônes très évolués ayant une $K_{max} > 65D$, cette dernière ne permet pas d'obtenir une réponse satisfaisante après anneau. Une opacité cornéenne est une contre-indication aux insertions d'anneaux en intra-cornéens. Une pachymétrie basse n'est pas réellement un facteur limitant la pose d'anneaux intracornéens dans la mesure où le tunnel est réalisé au laser femtoseconde. Cependant l'épaisseur de l'anneau doit être inférieure à celle de la cornée afin de se prémunir du risque d'induire un relief sur la face antérieure de la cornée, pouvant être à l'origine de complications.[41] (Figure 53).

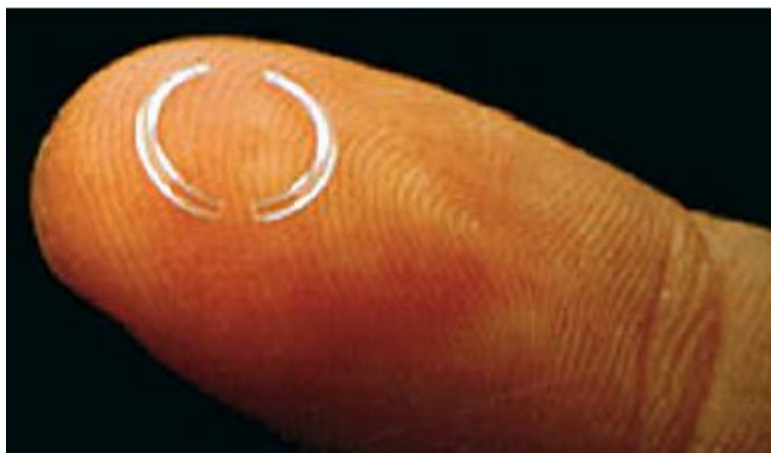


Figure 53 :Anneau intra-cornéen en PMMA [26]

7.2.3-Implants intraoculaires :

La myopie dans le kératocône peut être axiale, par allongement de la longueur axiale de l'œil ou de courbure par augmentation de la puissance de convergence de la cornée. Sa correction par un implant intraoculaire intervient sur une « cornée stable » spontanément ou après cross-linking.[4]

L'implantation peut être phaque ou pseudophaque en cas de cataracte associée. Elle peut intervenir en première intention ou après une chirurgie préalable par implantation d'anneaux ou greffe de cornée.

L'indication opératoire ne repose sur aucun consensus et doit se réfléchir au cas par cas. Une meilleure acuité visuelle préopératoire corrigée par lunettes, avant cataracte, inférieure à 4 -5/10 sans amblyopie va à l'encontre de l'implantation intraoculaire car la part irrégulière de l'astigmatisme est alors importante et limite la récupération visuelle. Une cornéoplastie préalable par anneaux ou greffe est alors préférable.[4]

Un implant torique peut être utilisé pour corriger la part de l'astigmatisme réfractif manifeste mais ne corrige pas la part irrégulière de l'astigmatisme. [4]

Une réfraction manifeste par lunettes difficile et fluctuante est également un critère incitant à la prudence.

7.2.4-Greffe de cornée :

L'indication chirurgicale de greffe dans le kératocône intervient en dernier recours lorsque les autres moyens de correction ont été épuisés. Il s'agit le plus souvent de kératocônes évolués, avec opacités cornéennes centrales empêchant une amélioration de l'acuité visuelle. L'hydrops constituent aussi une indication de greffe.

La greffe de cornée a un but optique pour restaurer l'acuité visuelle et un but tectonique pour restaurer l'intégrité cornéenne en épaisseur et en forme.

La greffe transfixiante a longtemps été le traitement de référence du kératocône mais a perdu sa place au profit de la kératoplastie lamellaire antérieure profonde (KLAP) pré-descemétique. La KLAP consiste à remplacer la partie antérieure de la cornée par un greffon tout en laissant en place la membrane de Descemet et l'endothélium du receveur. Les avantages de cette technique sont de réduire l'incidence des rejets endothéliaux et de maintenir la densité endothéliale à long

terme [42] ce qui semble augmenter la survie du greffon par rapport à la greffe transfixiante. Cela permet aussi une meilleure résistance mécanique avec une acuité visuelle et un astigmatisme post-opératoire comparables à la greffe transfixiante. Cette intervention se complique parfois de perforation peropératoire des couches endothélio-descemetique, nécessitant alors une conversion en kératoplastie transfixiante.

7.3-Arbre décisionnel de prise en charge du kératocône :

L'arbre décisionnel est seulement indicatif (Figure 54).

La prise en charge du kératocône se fait au cas par cas selon des paramètres :

- Ophtalmologiques : acuité visuelle, confort binoculaire, transparence cornéenne, pachymétrie, stabilité ou progression du kératocône, kératométrie maximale, myopie axiale associée, tolérance des lentilles de contact, cataracte
- Personnels : âge, activité professionnelle, loisirs, observance, attentes du patient.
- Généraux : atopie, trisomie 21, pathologies associées

Le premier élément à rechercher est l'évolutivité du kératocône. En fonction de cela, on posera l'indication du cross-linking. L'autre objectif est de corriger l'acuité visuelle par des moyens optiques au maximum avant d'envisager une solution chirurgicale. La greffe de cornée étant réalisée en dernier recours.

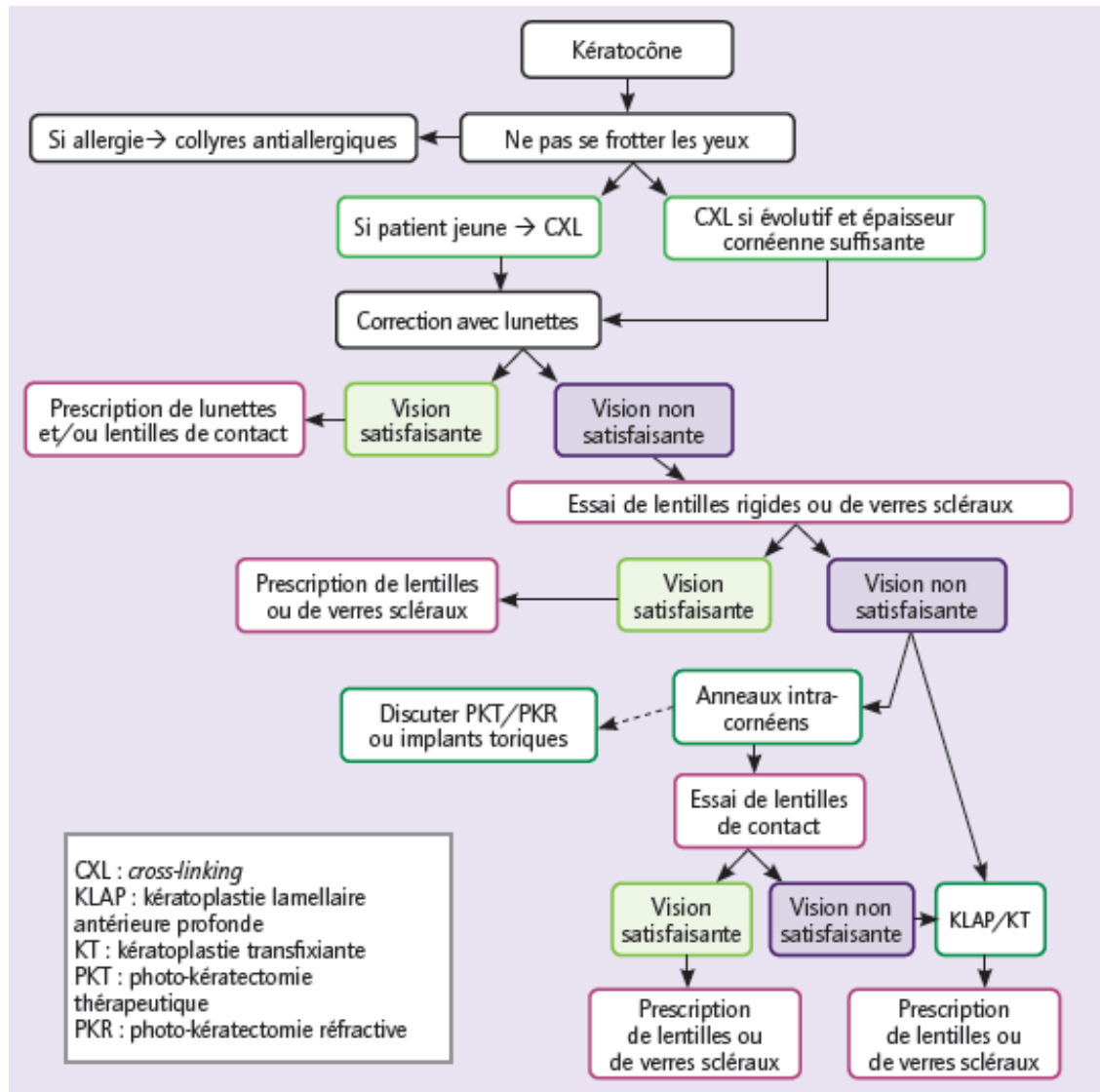


Figure 54 : Arbre décisionnel de prise en charge du kératocône.[5]

III–Lentilles de contact et traitement du kératocône

La lentille de contact représente l'arme de choix dans le traitement du kératocône. L'adaptation de ces cornées anormales est cependant délicate voire impossible dans certains cas.

L'objectif majeur de l'adaptation du kératocône est d'obtenir la meilleure acuité visuelle possible avec le moins d'interférence avec la physiologie cornéenne. Il s'agit d'adaptations techniquement difficiles car les cornées à adapter sont modifiées et irrégulières. Le défi est, d'une part, de trouver des lentilles adaptées au niveau de leurs formes et puissance pour obtenir un gain visuel et, d'autre part, qu'elles soient tolérées et portées toute la journée par le patient.

Actuellement, on dénombre quatre groupes principaux de lentilles : les lentilles rigides, les lentilles souples, les lentilles sclérales et hybrides.

Dans ce chapitre on va se focaliser sur les caractéristiques des lentilles souples spéciales, sclérales et rigides perméables au gaz.

1–Historique

L'histoire de la contactologie débute en 1827 lorsque William Hershel, un astronome anglais, émet pour la première fois l'idée de créer un verre de contact se conformant exactement à la cornée et ayant la particularité de corriger les irrégularités de la surface oculaire. [43]

C'est seulement en 1887 que la conception d'une coque en verre soufflé afocal voit le jour grâce aux allemands Albert Friedrich et Auguste Müller. Elle se compose d'une partie centrale transparente et d'une couronne périphérique plus opaque, dont la seule fonction est de protéger l'œil. [43]

L'année suivante, les premières expérimentations médicales apparaissent. Adolphe Eugène Fick, ophtalmologue allemand teste par lui-même ses premiers « verres scléaux » tout comme Auguste Müller dont le but est de corriger sa propre myopie. Enfin, Eugène Kalt, médecin français, les expérimente sur des patients porteurs de kératocônes. [43]

Le perfectionnement des lentilles débute dès la fin du 19^{ème} siècle avec l'ophtalmologiste français Henri Dor qui préconise en 1892 de les remplir préalablement de sérum physiologique avant de les porter. [43]

Cette évolution se poursuivra tout au long du 20^{ème} siècle. Dans les années 1930, Joseph Dallos propose de perforer les coques afin d'améliorer l'oxygénation de la cornée et élabore des techniques de moulage pour leur fabrication. A l'initiative de Feinbloom et Obrig, le remplacement du verre par le polyméthacrylate de méthyle (PMMA) dans les années 1940 constitue une avancée majeure. De nouveaux procédés de fabrication par polissage, taillage et tournage ont amélioré encore la géométrie des verres scléaux. [43]

En parallèle, le développement de lentilles rigides cornéennes, puis l'avènement des lentilles souples ont provisoirement ralenti l'intérêt pour les verres scléaux. Il faudra attendre les années 1990 pour voir apparaître de nouveaux matériaux de plus en plus perméables aux gaz permettant ainsi une réhabilitation des lentilles scléales, notamment l'Equalens II avec un $Dk = 110$ encore utilisé de nos jours. [43]

2-Matériaux des Lentilles de contact pour Kératocône :

Les matériaux utilisés incluent de l'hydrogel et du silicone-hydrogel pour les lentilles souples, et du silicone/acrylate (S/A) et fluoro-silicone/acrylate (F-S/A) pour les lentilles rigides.

2.1-Le matériau Hydrogel :

L'hydrogel est un polymère capable de conserver une certaine quantité d'eau de 24 à 85 %. Ce polymère est constitué de différents monomères unis les uns aux autres par des liaisons covalentes. [5]

Les lentilles en hydrogel sont classifiées par la FDA (Food and Drug Administration) en 4 groupes, selon leur ionicité et leur teneur en eau (Figure 55). Cette classification dépend du dosage des différents monomères et a pour but de prévoir les interactions avec les différents composants du film lacrymal et des solutions d'entretien.

Plus la teneur en eau est élevée, plus l'interaction avec les protéines des larmes est élevée.

L'offre de ces lentilles a peu évolué à part pour les lentilles à renouvellement journalier. Les évolutions notables sont : la modification d'un matériau existant par l'adjonction de molécule viscosifiante et ce, pour améliorer le confort dès la pose, en début de journée et tout au long de la journée .[5]

Tableau II : Groupe FDA		
I	Non Ionique	Teneur en eau < 50 %
II		Teneur en eau > 50 %
III	Ionique	Teneur en eau < 50 %
IV		Teneur en eau > 50 %

Figure 55 : Classification des lentilles hydrogels selon FDA[5]

2.2-Le matériau silicone-hydrogel :

Le silicone hydrogel est un matériau biphasique avec une phase hydrogel composée de monomères type HEMA (l'hydroxyéthylméthacrylate), permettant l'apport d'éléments nutritifs et l'évacuation des déchets du métabolisme cornéen, une bonne mobilité et mouillabilité et une phase silicone permettant le passage des molécules d'oxygène. La combinaison du silicone et des composants hydrophiles est complexe pour obtenir un matériau optiquement transparent et masquer la nature hydrophobe et lipophile du silicone, sans perdre les bénéfices de celui-ci.[5]

Le développement des lentilles en silicone hydrogel s'est fait en plusieurs étapes d'abord avec une course au Dk (perméabilité à l'oxygène), puis une quête de confort pour remédier aux effets secondaires provoqués par ce nouveau matériau.[5]

2.3-Le matériau silicone-Acrylate :

Les premiers matériaux réussis de lentilles rigides gaz perméables étaient de composition S/A (également appelée silicone-méthacrylate). L'introduction des copolymères à base de silicone en 1979 a fait preuve de progrès majeur, car le silicone peut grandement améliorer les caractéristiques Dk du matériau. Contrairement aux matériaux de lentilles PMMA, qui sont constitués d'un seul composant, les matériaux S/A contiennent du méthacrylate de « silicone », des agents mouillants et des agents « Cross-linking ». Ces deux derniers ingrédients sont importants car leur but est de neutraliser à la fois l'hydrophobie et la flexibilité du composant silicone. [44]

Les agents mouillants, comme indiqué précédemment, obtiennent leur effet par leur forte affinité pour les molécules d'eau. La plupart des agents « cross-linking » renforcent le matériau, en augmentent sa rigidité et rendent le matériau moins sensible aux solvants. [44]

2.4-Le matériau fluoro-silicone/acrylate F-S/A :

Les matériaux des lentilles F-S/A sont similaires à S/A, à l'exception notable de l'ajout de fluorine, connu pour ses propriétés antiadhésives, elle augmente la résistance du matériau de la lentille, favorisant une interaction du film lacrymal avec la surface de la lentille.

En effet, le principal problème rencontré avec les matériaux des lentilles S/A est la sécheresse, qui devrait être réduite avec les matériaux F-S/A. Cela a, en fait, été le cas. Plusieurs études comparatives ont conclu que les verres F-S/A sont plus mouillables et sont perçus comme plus confortables par les patients. De plus, il a été constaté que ces matériaux sont moins sujets d'accumulation et le taux de rupture des larmes est plus lent avec le matériau fluoré. [44]

Le composant fluoré aide également à la transmission de l'oxygène, ceci est accompli par la préférence de l'oxygène pour se dissoudre dans les matériaux fluorés, c'est-à-dire la transmission de l'oxygène est obtenue par solubilité, et non par diffusion. Il est très évident que, bien que la capacité du « silicone » à favoriser la diffusion de l'oxygène à travers le matériau de la lentille soit très important, la perméabilité supplémentaire fournie par le fluor réduira le besoin d'utiliser des quantités excessives de « silicone ». Par conséquent, il a été constaté que les matériaux F-S/A sont plus dimensionnellement stables que les matériaux S/A également. [44]

3. Propriétés des matériaux des lentilles de contact :

Les matériaux doivent satisfaire à des propriétés mécaniques afin de résister à la pression engendrée par le mouvement des paupières, à des propriétés de surface afin que la lentille offre un confort et une bonne qualité optique mais également avoir une perméabilité à l'oxygène correcte permettant une bonne oxygénation cornéenne.

3.1 Rigidité des lentilles

Les lentilles sont soumises à des forces de traction et de cisaillement pendant leur manipulation, ou lors des mouvements de l'œil et les paupières. Par conséquent, la rigidité d'une lentille va conditionner sa durée de vie, sa facilité de manipulation, son confort ainsi que la stabilité de la vision.

Cette propriété se reflète essentiellement dans le module de Young (module d'élasticité longitudinale) qui est la force par unité de surface nécessaire pour produire une déformation, il s'exprime en Newton par mètre carré ou Pascal. Plus la valeur du module est élevée, plus la lentille est résistante contre la flexion. Plus la valeur du module est basse, plus la lentille est confortable pour son porteur, mais la lentille est moins flexible et plus fragile lors de la manipulation. [45]

Concernant les lentilles souples, les matériaux en silicones hydrogels ont souvent un module d'élasticité plus élevé que les matériaux en hydrogels, avec des valeurs qui varient entre 0,4 et 1,4 MPa. [45]

3.2 Les propriétés de surface ou Mouillabilité :

La mouillabilité est une propriété de surface essentielle des lentilles de contact car elle permet d'assurer un étalement continu du film lacrymal, donc un bon confort au porteur de lentille de contact. C'est l'adhésion d'un liquide (film lacrymal) à un solide (lentille de contact). Si le film lacrymal est correctement maintenu sur toute la surface de la lentille, on pourra qualifier la lentille de biocompatible. Cela dit que la mouillabilité permet [45]:

- Une bonne répartition des larmes à la surface donnant une bonne lubrification pour les paupières et donc un confort au clignement,
- Un bon renouvellement des larmes entre la lentille et la cornée facilitant l'évacuation des déchets.

3.3 La perméabilité des lentilles à l'oxygène – Notion de Dk et Dk/e :

Sur le plan physiologique, l'oxygénation de la cornée est un élément primordial à respecter, car l'hypoxie générée par le port des lentilles est susceptible d'entraîner une souffrance cornéenne. Ainsi, une des caractéristiques importantes des lentilles concerne leur perméabilité à l'oxygène. Cette mesure qui prend en compte le coefficient de diffusion (D) et la constante de solubilité (k) de l'oxygène dans le matériau, la perméabilité est notée Dk.[45]

Des normes ISO fixent les conditions expérimentales de mesure et le résultat est exprimé par un nombre $\times 10^{-11} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ml}(\text{O}_2) \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{mm de Hg}^{-1}$. La littérature anglaise utilise comme unité : 1 Barrer = $1 \times 10^{-11} \text{ cm}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{ml}(\text{O}_2) \cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{mm de Hg}^{-1}$ [46].

Elle s'applique à tous les types de lentilles. Ce paramètre est d'autant plus intéressant lorsqu'il est rapporté à l'épaisseur au centre de la lentille car il permet de mieux quantifier le pourcentage d'oxygène reçu par la cornée après passage dans la lentille. On parle alors de transmissibilité (Dk/e). [45]

4-Géométries des lentilles de contact utilisées en Kératocône :

4.1-Lentilles souples spéciales :

Les lentilles souples toriques sont destinées pour la correction de l'astigmatisme de façon général, et peuvent être indiqués en kératocône. Ces derniers peuvent avoir une stabilisation stato-dynamique, prismatique ou dynamique.

4.1.1-LC torique à stabilisation stato-dynamique :

Ce sont des lentilles multifocales avec une surface antérieure sphérique, ayant une stabilisation assurée par la combinaison asymétrique d'une zone d'allègement supérieure et d'un prisme ballast dans la partie inférieure avec des points gravés à 0° et 180°. Une surface postérieure torique bi-courbe, selon le profil cornéen/scléral disponible avec différents aplatissements (Tableau 7). [45]

Tableau 7 :Les géométries disponibles pour les LC torique[45]

Profil	Géométrie
0	Mono-courbe
1	Bi-courbe avec aplatissement du bord lent (serré)
2	Bi-courbe avec aplatissement du bord normal (standard)
3	Bi-courbe avec aplatissement du bord rapide (plus plat)

Pour les lentilles de contact bi-courbe le diamètre de la zone optique postérieure (POZD) varie selon le diamètre total de la lentille de contact. Le POZD correspond au 83 % du diamètre total de la lentille de contact (Figure 56)

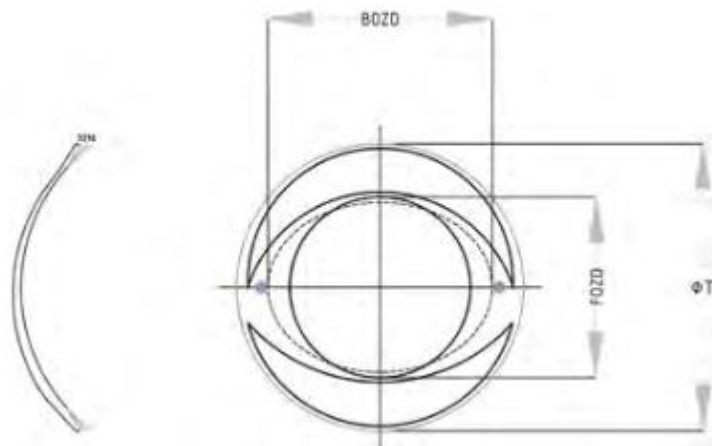


Figure 56 : Géométrie d'une lentille souple torique [47]

4.1.2-LC torique à stabilisation prismatique, à stabilisation dynamique :

La surface antérieure des lentilles à stabilisation prismatique est sphérique avec une stabilisation par prisme ballast ; le prisme standard = 1.25Δ avec les points gravés à 0° et 180° ; et pour la stabilisation dynamique des lentilles, est assurée par deux zones d'allègement symétriques à 90° et 270° .

La surface postérieure est torique, bi-courbe, disponible avec différents aplatissements selon le profil scléro-cornéen de Meier (Figure 57)

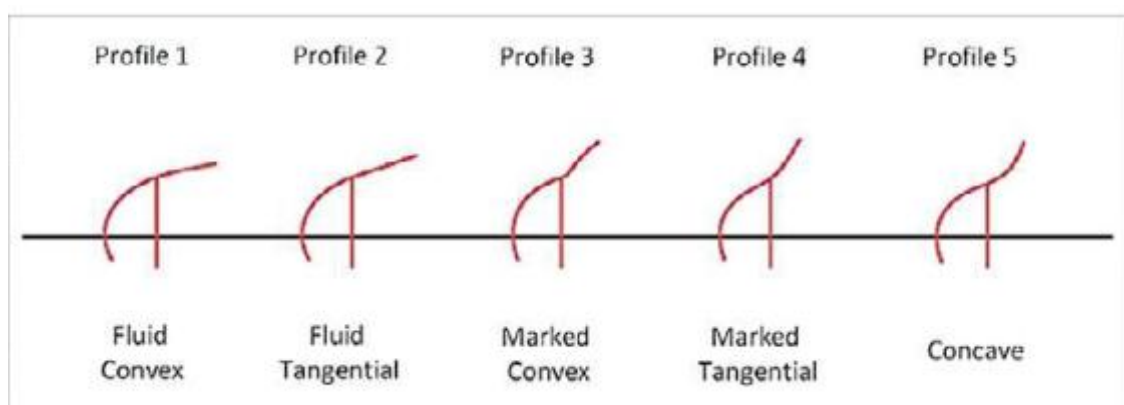


Figure 57 :Les profils cornéo-scléaux selon Meier avec le profil 1 et 2 sans ressaut limbique, et le profil 3, 4 et 5 avec présence d'un ressaut limbique [48].

Globalement ; dans le kératocône ; ces lentilles souples spéciales agissent par le principe de masquer les irrégularités cornéennes par une lentille épaisse, de compenser l'astigmatisme par une géométrie torique antérieure et d'optimiser la face postérieure en modulant l'excentricité sur toute la circonférence ou par secteurs. Cependant ; il faut faire attention à certains paramètres et notamment la transmissibilité de la lentille à l'oxygène. Puisque cette dernière est inversement proportionnelle à l'épaisseur, il exigé pour ces lentilles souples spéciales une mobilité supérieure à celle d'une lentille souple conventionnelle pour permettre un renouvellement facile du film lacrymal post lentille et assurer un ainsi une oxygénation cornéenne acceptable.[5]

4.2-Lentilles rigides gaz perméables :

La construction générale des LRPG se fait à partir d'un diamètre total et de ses deux faces antérieure et postérieure. [49,50]

4.2.1-Diamètre total (ØT) :

Le diamètre total est une caractéristique essentielle pour définir une lentille. Il varie de 7,80 mm à 12 mm.

4.2.2- Face postérieure :

La face postérieure joue un rôle très important dans la construction dioptrique de la LRPG. Elle est en contact direct avec la cornée et conditionne le comportement de la lentille et sa tolérance physiologique.

Elle permet de créer une interface avec le ménisque de larmes. Ce dernier présente un pouvoir réfractif non négligeable. Aussi, il intervient dans la stabilité de la lentille et prévient contre les traumatismes cornéens.

Elle présente à décrire deux zones : La zone optique centrale et les bandes de dégagements périphériques. [49,50]

a- Zone optique centrale postérieure (ZOC)

La zone optique centrale peut présenter une géométrie sphérique ou asphérique.

Elle est définie par deux paramètres :

- Rayon de courbure (R_0) : C'est l'élément descriptif le plus utilisé en contactologie. Sa valeur est choisie en fonction d'une règle d'adaptation donnée par le fabricant de la lentille et varie entre 4 mm et 8,50 mm.
- Diamètre de la zone optique (\varnothing_0) : Il s'agit du diamètre sur lequel est défini le rayon de courbure. Sa valeur est fixée par le fabricant et peut aller de 4 mm à 9,50 mm.

b- Bandes de dégagement

Appelées aussi « courbes » périphériques, elles jouent un rôle important dans le confort subjectif du patient et présentent de multiples paramètres permettant un meilleur ajustement de la lentille :

- Le nombre des dégagements et leur largeur.
- L'aplatissement périphérique des dégagements : Le rayon de courbure de la zone optique centrale (R_0) est inférieur au rayon de courbure périphérique (R_p).
- Le dégagement le plus périphérique doit être ouvert (avec un rayon de courbure plus grand) mais sans qu'il soit décollé pour faciliter le passage des larmes sous la lentille, afin d'obtenir un maximum de confort.

Un autre paramètre intervenant dans l'équipement en LRPG est la hauteur axiale au bord de la lentille, appelée encore par les anglo-saxons : « Axial Edge Lift » (AEL). Il correspond à la distance relevée sur un axe parallèle à l'axe optique, entre le bord de la lentille et l'intersection entre cet axe et la prolongation du rayon de courbure (Figure 58). Une LRPG qui présente un AEL important, présente un fort aplatissement. C'est l'apanage des LRPG destinées aux équipements pour kératocônes.

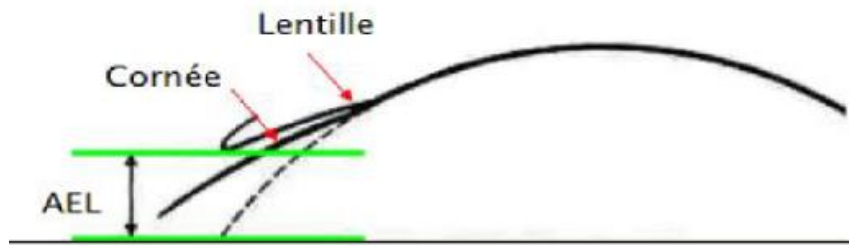


Figure 58: Axial Edge Lift d'une lentille

4.2.3- Face antérieure :

La face antérieure d'une LRPG (Figure 59) est constituée par :

- Une zone optique antérieure centrale : Elle permet de donner la puissance à la lentille en tenant compte de la géométrie postérieure et d'optimiser son épaisseur finale. Ses paramètres sont déterminés par le fabricant.
- Des bandes d'allègement périphériques : Elles n'ont aucun pouvoir réfractif. Elles permettent le raccordement entre la zone antérieure optique et le bord externe de la lentille pour plus de confort.

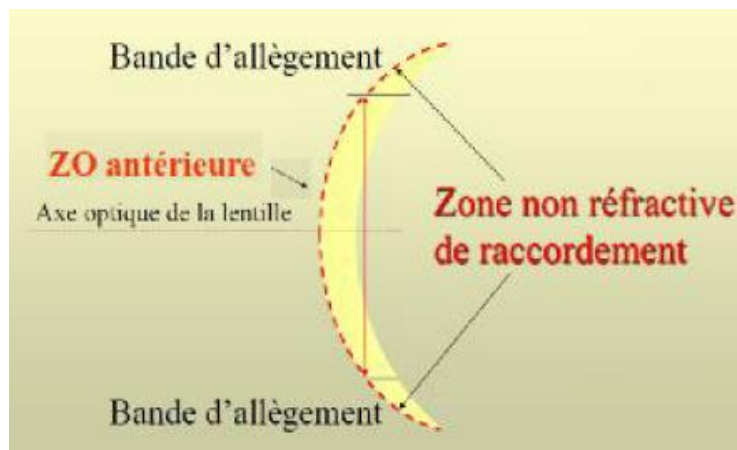


Figure 59 : Face antérieure d'une LRPG

4.3-Lentilles Sclérales :

Contrairement aux lentilles cornéennes dites conventionnelles, les lentilles sclérales sont des lentilles de plus grand diamètre et reposent entièrement sur la surface sclérale antérieure, avec une géométrie de base qui est commune entre les différents fabricants.

Nous distinguons une géométrie sphérique, torique et bifocale.

4.3.1-Géométrie sphérique :

La géométrie de ces lentilles peut être divisée en trois zones :

- La zone optique
- La zone de transition
- La zone d'appui

a. La Zone optique :

La zone optique agit comme un dispositif optique, créant l'effet optique souhaité. L'optique de la face antérieure peut être sphérique ou asphérique.

La forme de la surface postérieure de la zone optique devrait idéalement avoir la même forme que la cornée, au moins en théorie. De cette façon, on peut voir une couche uniforme de film lacrymal post lentille sous la zone optique du verre scléral. [51]

Pour suivre la forme de la cornée, la zone optique postérieure peut être choisie avec des rayons de courbure plus plats ou plus cambrés.

Contrairement aux LRGP cornéennes, la surface postérieure de la zone optique de la lentille sclérale ne touche habituellement pas la cornée. Quand on utilise des lentilles sclérales de petit diamètre, comme des lentilles cornéo-sclérales, les fabricants conseillent souvent une sorte « d'effleurement » du centre de la cornée, parce qu'il est difficile d'obtenir le dégagement complet que l'on pourrait désirer avec les cornées les plus difficiles, comme dans les cas avancés de kératocône. [51] Dans la mesure où il y a un dégagement convenable sous la plus grande partie de la lentille,

on peut obtenir un bon résultat selon les experts en lentilles cornéo-sclérales. Autrement, nous pouvons choisir un diamètre de lentille plus grand pour augmenter le dégagement si nécessaire (Figure 60).

b. La Zone de transition :

Une lentille sclérale a une zone de transition entre la zone optique et la zone d'appui scléral. Celle-ci regroupe sur les nouvelles géométries de lentilles une zone dite zone de clairance de cornée périphérie et une autre zone appelée zone de clairance limbique. Ce segment de transition de la lentille sclérale influence sa hauteur sagittale.

La forme de la zone de transition peut être adaptée avec certaines géométries de lentilles, pour lesquels différents profils sont disponibles, pour suivre la forme limbique aussi précisément que possible (Figure 60).

c. La Zone d'appui :

La partie de la lentille qui s'appuie sur la surface oculaire antérieure et qui essaie d'en reproduire la forme est appelée la zone d'appui, également considérée comme la zone sclérale ou zone haptique. C'est là que la lentille s'adapte et entre en contact avec l'œil. La géométrie et les caractéristiques de cette zone sont un peu dépendantes de la catégorie de lentilles.

La géométrie de la face postérieure de la zone d'appui doit être alignée avec la forme sclérale pour les lentilles sclérales. Il est important de répartir uniformément la pression sur l'ensemble de la zone d'appui. Ainsi, on peut réaliser un pont complet au-dessus de la cornée, créant un dégagement adéquat (Figure 60).

La zone d'appui se définit comme une courbe plate, ou une série de courbes, souvent de 13,5 à 14,5 mm de rayon, permettant normalement d'adapter la majorité des yeux. nous pouvons modifier la zone d'appui en utilisant des rayons de courbure plus plats ou plus cambrés.

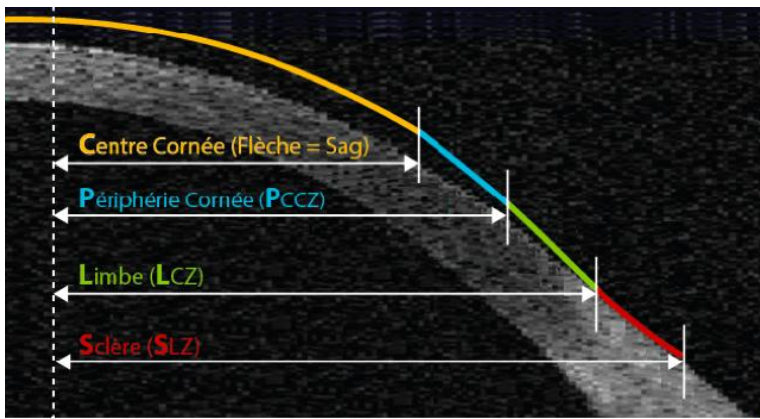


Figure 60 :Géométrie de la lentille sclérale sphérique[52] avec

CCZ : le dégagement dans la zone optique centrale "Central Clearance Zone",

Sag = la sagittale ou la flèche de la lentille

PCCZ = zone de clairance de cornée périphérique "peripheral corneal Clearance Zone"

LCZ : la zone de transition limbique " Limbal Clearance Zone",

SLZ : la zone d'appui scléral "Scleral Landing Zone"

4.3.2–Géométries toriques :

Les adaptateurs disposent maintenant d'une grande variété de géométries de lentilles sclérales toriques, avec le choix d'un verre scléral à face avant ou arrière torique, ou bitoriques. [51]

Les verres à toricité antérieure sont utilisés pour améliorer la performance visuelle, ce tore antérieur concerne surtout la zone optique centrale de la lentille.

Quand on parle de lentilles sclérales à face arrière torique, c'est la zone d'appui, ou zone haptique, qui est torique, pour améliorer l'adaptation de la lentille, et cela ne concerne pas la zone centrale de la lentille sclérale. [51]

Une combinaison de surfaces toriques avant et arrière constituerait une géométrie bi-torique, associant les caractéristiques d'adaptation de la géométrie torique postérieure (sur la zone d'appui), aux bénéfices visuels de la géométrie torique antérieure, dans la zone optique centrale. Les lentilles à face arrière torique aident aussi à éviter les bulles d'air sous la lentille et que les vaisseaux sanguins conjonctivaux soient déformés par le bord de la lentille. De plus, la surface arrière

torique permet aussi de stabiliser la lentille sur l'œil [51]. Ces lentilles sont caractérisées par la correction d'aberrations d'ordre élevé, comme la coma verticale, qu'on rencontre très fréquemment par exemple dans le kératocône. Ceci peut aider à améliorer la performance visuelle chez des patients présentant des ectasies ou d'autres irrégularités cornéennes [51].

4.3.3- Géométries de lentilles de contact bifocales :

La géométrie de ces lentilles rentrerait dans le groupe des « géométries de lentilles bifocales simultanées », pour lequel deux images avec différents plans focaux sont présentées en même temps à l'œil. L'avantage principal de ces lentilles bifocales sclérales, c'est qu'elles sont très stables sur l'œil et que les zones concentriques peuvent être plus précisément associées aux zones cornéennes souhaitées et à la zone de la pupille, en comparaison avec des lentilles qui bougent parfois de façon excessive, sur la surface oculaire [51]. Ce type de lentille est utilisé pour corriger à la fois l'astigmatisme irrégulier et la presbytie.

5-L'adaptation d'un kératocône :

L'adaptation des cornées kératoconiques est délicate voire impossible dans certains cas. Il s'agit d'adaptations techniquement difficiles car les cornées à adapter sont modifiées et irrégulières. Le défi est, d'une part, de trouver des lentilles adaptées au niveau de leurs formes et puissance pour obtenir un gain visuel et, d'autre part, qu'elles soient tolérées et portées toute la journée par le patient.

5.1-Bilan de préadaptation :

5.1.1-Interrogatoire :

Il précisera :[53]

➤ *Les antécédents généraux du patient :*

A la recherche d'éléments pathologiques pouvant augmenter le risque infectieux et entrainer ou accroître une sécheresse oculaire : Une maladie chronique, une maladie de système, une infection, une immunodépression, un traitement au long cours, un terrain allergique...

➤ *Les antécédents ophtalmologiques :*

- Médicaux : Toute affection oculopalpébrale pouvant modifier le confort ou la sécurité du port, notamment une allergie, une blépharite, un ptérygion, une kératite, une sécheresse oculaire ; ainsi que l'utilisation de traitements locaux au long court (des collyres ou des pommades avec conservateurs).
- Chirurgicaux : Chirurgie oculomotrice, palpébrale, une chirurgie de décollement de rétine ou une chirurgie cornéolimbique particulièrement une exérèse de ptérygion, une plaie de cornée, une kératoplastie...
- Optiques : Antécédent de port de lunettes et la meilleure acuité visuelle corrigée.
- Contactologiques : (ancien porteur)
 - La date de la première adaptation, le rythme du suivi, la date du dernier port.
 - Le matériau de la lentille utilisée, sa géométrie et ses paramètres.
 - Le type de renouvellement, les habitudes d'entretien et d'hygiène, les incidents et accidents de port et leurs causes, la tolérance au cours de la journée, les éléments de satisfaction et d'insatisfaction.

➤ *Le niveau intellectuel et socioéconomique*

➤ *La nature du travail* : Métiers à risque de projections (poussière, toxiques, solvants...), atmosphère du travail (réfrigérateur, climatiseur...), travail sur écran avec lecture et fixation prolongées, type de conduite automobile diurne ou nocturne.

➤ *Les loisirs du patient* : voyages fréquents, sport nautique...

5.1.2-Examen clinique : [53]

➤ *Réfraction et mesure de l'acuité visuelle* :

Il faut mesurer l'acuité visuelle pour chaque œil et en binoculaire, de loin et de près.

➤ *Étude de la Motilité oculaire* :

A la recherche d'un trouble oculomoteur avec au besoin un bilan orthoptique.

➤ *Kératométrie* :

La kératométrie est un élément essentiel : en contactologie, nous raisonnons en millimètres beaucoup plus qu'en dioptries, car les rayons de courbure des lentilles sont presque toujours exprimés en millimètres.

La kératométrie peut être mesurée par autoréfractokératomètre, si elle est comprise entre 7,2 mm (46D) et 8,3mm (40 D), en dessous et au-dessus une topographie spéculaire est nécessaire pour dépister un kératocône ou une cornée oblate [54].

a)Examen à la lampe à fente :

- Examen des paupières :
 - ✓ Examen du bord libre (points lacrymaux, cils, les orifices des glandes de meibomius).
 - ✓ Examen de la surface palpébrale externe à la recherche d'un eczéma des paupières (Terrain atopique).
 - ✓ Examen de la conjonctive tarsale à la recherche de papilles, de follicules, d'anomalies inflammatoires, tumorales ou cicatricielles.
 - ✓ Analyser la taille et la forme de la fente palpébrale.

- ✓ Évaluer la tonicité palpébrale et le réflexe de fermeture pour la stabilité ultérieure de la lentille.
- ✓ Analyse du film lacrymal : elle peut être qualitative sous fluorescéine permettant l'évaluation de l'homogénéité de la répartition des larmes sur la cornée immédiatement et après chaque clignement, ainsi que l'étude de leur temps de rupture "break up time". Cette analyse qualitative est complétée par une autre quantitative par le test de Schirmer.
- Examen du segment antérieur :
 - ✓ Examen de la conjonctive bulbaire et des culs de sac conjonctivaux
 - ✓ Examen de la cornée : à la recherche d'une kératite, une cicatrice, une opacité, une dystrophie cornéenne. D'autre part, il permettra de préciser les dimensions de la cornée et la proportion de son recouvrement palpébral supérieur et inférieur.
 - ✓ Apprécier l'état de la conjonctive et de l'épithélium cornéen après instillation d'une goutte de fluorescéine.
 - ✓ Examen du limbe : A la recherche d'une hyperhémie, de néovaisseaux, de bourrelets allergiques...
 - ✓ Étude de la taille de la pupille dans les conditions d'éclairage de la salle.

- Mesure du tonus oculaire
- Examen du fond d'œil

5.1.3–Topographie cornéenne :

C'est un examen systématique pour le diagnostic du kératocône et pour faire son suivi. La valeur du rayon de courbure mesurée par la kératométrie ou affichée directement dans les paramètres de la topographie, nous aide pour le choix de la lentille d'essai. En effet, selon le docteur Malet le rayon de courbure de la lentille utilisée est en fonction de la kératométrie moyenne selon la formule suivante "Formule de Malet"[55]:

$$R_0 = (0,741 \times K_m) + 2,00$$

5.2–Techniques d'adaptation :

5.2.1–Pour les LRPG :

➤ **Choix de la lentille d'essai**

Le choix de la première lentille dépend du stade du kératocône. Les kératocônes avec une kératométrie moyenne supérieure à 7,50 mm pourront être adaptés avec une lentille rigide cornéenne sphéro–asphérique ou une lentille souple torique. Les limites d'une lentille rigide sphéro–asphérique sur un kératocône consistent en un appui trop marqué sur l'apex du cône et des dégagements périphériques trop fins. La limite d'une lentille souple torique est un résultat optique insuffisant par rapport à une LRGP.

En cas d'échec ou une kératométrie moyenne inférieure ou égale à 7,50 mm, une lentille rigide cornéenne multicourbe à géométrie « kératocône » est à essayer. Le choix du rayon de courbure R_0 de cette lentille d'essai peut se faire en se basant sur les règles d'adaptation du fabricant, par exemple c'est la kératométrie moyenne pour les lentilles RoseK₂® de Menicon et AirKone® de LCS. Ce choix peut se faire également en calculant le R_0 selon la formule de Malet.

➤ **L'adaptation centrale ou apicale**

À ce stade, il convient d'ignorer l'alignement périphérique et d'observer la zone centrale immédiatement après clignement. Lorsque la lentille est centrée ; un léger appui apical est souhaitable. (Figure 61)

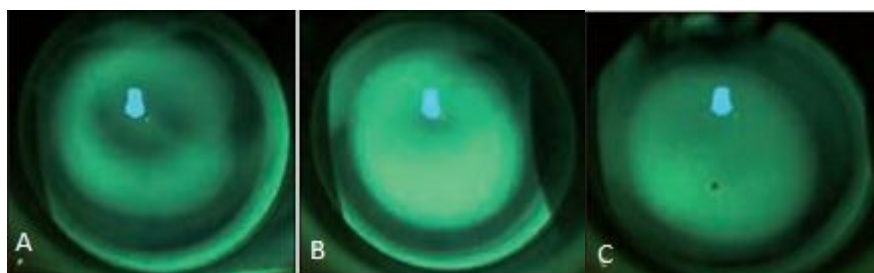


Figure 61 : A. Apex (zone sombre) trop visible témoignant d'un rayon de courbure trop plat.
B. Rayon plus serré de 0,10 mm, apex (zone sombre) légèrement visible.
C. Rayon plus serré de 0,10 mm, apex non visible.

La première clairance apicale est l'image C.

Le rayon de courbure à garder est celui de l'image B.[53]

➤ **L'adaptation périphérique**

Après validation de l'adaptation centrale, il faut évaluer l'alignement périphérique (Edge Lift) sur le méridien horizontal, autrement dit chez les anglo-saxons axial edge lift (AEL) et chercher donc à obtenir une bande de fluorescéine répartie uniformément et sans décollement. Les lentilles d'essai de 1^{ère} intention étant fabriquées avec un dégagement périphérique Standard, il faut augmenter ou diminuer l'aplatissement périphérique pour obtenir la largeur de bande fluorescéine souhaitée. (Figure 62)

Pour les périphéries où nous observons trop de soulèvement sur les méridiens 6h, 12h et trop peu de fluorescéine sur les méridiens 3h et 9h, il est souhaitable de prescrire une lentille à dégagement torique (TP). Pour les lentilles où nous observons un décollement significatif autour de 6h, il faut ajouter l'option ACT (technologie cornéenne asymétrique) à la lentille essayée (Figure 63).

Au total, il faut chercher une bande périphérique de fluorescéine de 0.5 à 0.7 mm de large pour que l'adaptation soit optimale, et pour que la mobilité de la lentille soit correcte.

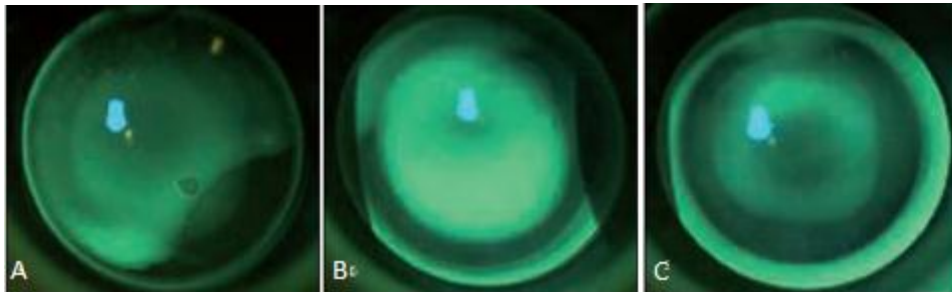


Figure 62 : A. Dégagements périphériques trop fins.
B. Dégagements périphériques corrects.
C. Dégagements périphériques trop larges.[53]



Figure 63 : Les différents niveaux d'ACT

En résumé, une adaptation optimale suit la règle du «triple appui» [56], c'est-à-dire on obtient au final une image « en cocarde » avec au centre, l'apex du cône est légèrement plus sombre (un léger appui central), entouré d'un lac de fluorescéine, suivi par un anneau plus sombre appelé zone de transition, puis par un anneau de fluorescéine appelé dégagement périphérique (Figure 64).

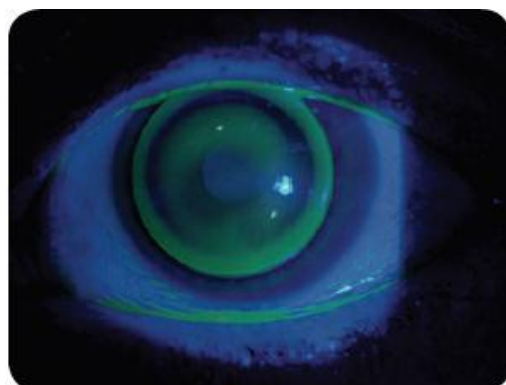


Figure 64 : Image Fluo d'une lentille Rose K₂ bien adaptée, avec un aspect « en cocarde »[57]

Un contrôle après un temps de port de 30 minutes permet de revérifier, à nouveau, le centrage, le mouvement et l'image fluorescéinique de la lentille LRPG.

➤ **La sur-réfraction**

Après avoir réalisé une adaptation optimale, vient ensuite l'étape de la détermination de la puissance réfractive. Il faut réaliser à ce moment une réfraction sur la lentille et puis faire l'essai de correction. Il faut noter que la réfraction doit être ramenée à la distance verre-œil si elle dépasse un équivalent sphérique de 4,0 D.

➤ **Astigmatisme résiduel**

Il est fréquent de ne pas corriger un léger astigmatisme résiduel. Dans ce cas, on ajoutera un équivalent sphérique selon la règle suivante:

- Si AR -0.25 à -0.50D, il faut ajouter -0.25 D.
- Si AR -0.75 à -1.00D, il faut ajouter -0.50 D.

Il est rare de rencontrer des astigmatismes résiduels supérieurs à ces valeurs. Dans ces cas, demander des lentilles toriques internes, toriques externes ou bitoriques.

➤ **Adaptation du kératocône suivant le stade [58]**

- Stade 1 de la classification de Krumeich (K moyen $> 7,50$ mm) :

Dans les kératocônes débutants, il est recommandé d'utiliser en première intention une lentille sphéroasphérique de diamètre standard de 9,60 mm, avec un rayon R_0 égal au K le plus plat. Le diamètre de la zone optique sera environ de 6 mm à ce stade de la maladie.

Si l'image fluorescéinique retrouve un appui trop net en périphérie avec une clearance insuffisante, une lentille sphéro-asphérique « spéciale kératocône » de plus forte excentricité pourra être envisagée afin d'obtenir un dégagement périphérique plus important.

- Stades 2 et 3 (K moyen $< 7,50$ mm) :

Pour le stade 2 et 3 de la classification de Krumeich :

- si le R_0 calculé est supérieur à 7,6 mm, la lentille de première intention sera le plus souvent une lentille « spéciale kératocône » sphéro-asphérique ;
- si le R_0 calculé est inférieur à 7,6 mm, la lentille de première intention sera le plus souvent une lentille « spéciale kératocône » multicourbe.

Il faut souligner que, lors de l'adaptation, pour des rayons de courbures inférieurs à 6,90 mm, toute modification du R_0 de 0,05 mm est source d'une modification de la puissance de la lentille d'environ 0,50 D (et non pas 0,25 D). Pour les ectasies les plus importantes, le diamètre de la zone optique est bien souvent inférieur à 5 mm.

- Stade 4 :

La mesure kératométrique n'est plus lisible à ce stade, vu la présence d'opacités cornéennes centrale et paracentrale, l'énorme protrusion cornéenne ainsi que la conjugaison des aberrations majeures ; tout ceci est en faveur de l'indication de lentilles sclérales.

➤ **Adaptation des kératocônes après CXL du collagène cornéen**

Le Cross-Linking du collagène cornéen, précédemment cité, génère la production de radicaux libres permettant la formation de liaisons covalentes entre les fibrilles de collagène. L'objectif de cette procédure est de stopper l'évolution de la maladie. [58]

Une adaptation en lentilles peut être réalisée dès la cicatrisation épithéliale complète. L'adaptation en LRPG suivra les règles d'adaptation précitées. Si le patient était déjà porteur de LRGP avant la procédure, il pourra reprendre le port de sa lentille initiale après cicatrisation complète (après 1 mois du CXL) [58], cependant une vérification de l'adaptation est souhaitable, afin de juger si elle est toujours adéquate (lentille éventuellement trop plate).

➤ **Adaptation des kératocônes après anneaux intra cornéens**

La pose des anneaux intra cornéens constitue une alternative thérapeutique ; qui est préconisée dans des indications précises. Ils permettent de réduire l'astigmatisme irrégulier, d'améliorer l'acuité visuelle sans et avec correction.

Lorsque l'acuité visuelle obtenue est jugée insuffisante ou lorsqu'il existe une anisométrie entre les deux yeux, une adaptation en lentilles souples en silicone-hydrogel (toriques le plus souvent) permet d'optimiser l'acuité visuelle. La tolérance de ce type de lentilles est en général excellente chez ces patients et le suivi à long terme ne montre aucune complication spécifique en rapport avec les anneaux intra cornéens.

Dans certains cas, des rééquipements en lentilles rigides sont réalisés. Les données du CNRK (centre national de référence du kératocône) tendent à montrer que les lentilles rigides utilisées sont le plus souvent de géométrie sphéro-asphérique, d'un diamètre standard de 9,60 mm, avec un Ro nettement plus plat que la kératométrie la plus plate (d'au moins 0,20 mm). La BFS antérieure (best-fit sphere) pourrait être un bon repère pour choisir le Ro de la lentille. Chez ces patients, de

manière générale, plus les anneaux diminuaient la kératométrie maximale centrale, plus le Ro choisi était plat (Figure 65).[58]

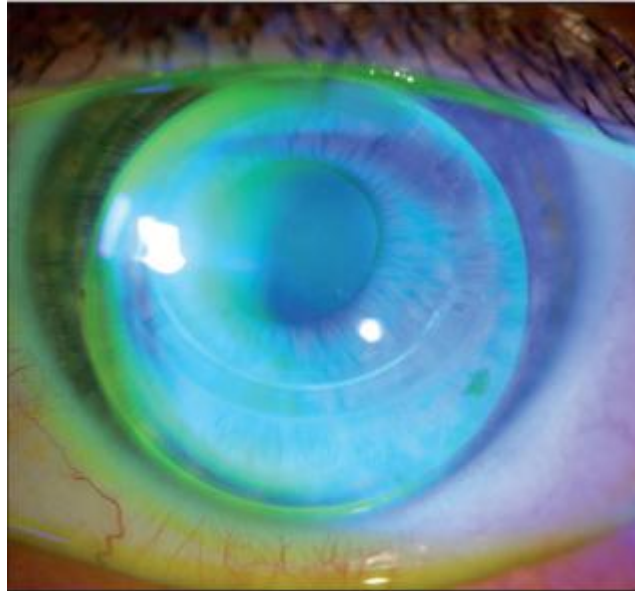


Figure 65 : Adaptation en LRPG après anneau intra cornéen[58]

5.2.2-Pour les lentilles scléales :

➤ **Le choix de la flèche de la lentille sclérale :**

Les lentilles scléales sont adaptées en fonction de la profondeur sagittale ; les mesures kératométriques ne sont que d'une utilité limitée. Deux yeux ayant les mêmes mesures kératométriques peuvent avoir des hauteurs sagittales totalement différentes.

La hauteur sagittale totale moyenne de la zone à adapter pour un œil normal se situe aux alentours de 4000 μm [51] .

La hauteur sagittale dépend d'un certain nombre de variables, incluant le diamètre de la lentille, le rayon de courbure, l'asphéricité de la cornée et la forme de la sclère antérieure. Ce n'est qu'avec l'OCT qu'on peut mesurer la hauteur sagittale totale de la surface oculaire antérieure. Cependant, en se basant sur les études

réalisées et en utilisant une série de lentilles d'essai, on peut empiriquement déterminer la topographie de la surface antérieure [51].

En pratique, La flèche ou la sagittale de la lentille est choisie en fonction du motif de l'adaptation. Le rayon de courbure étant défini par la flèche, nous n'avons pas à nous en préoccuper. Pour chaque condition, le fabricant présente une flèche correspondante et cela diffère selon les fabricants (Figure 66).

Identifier les conditions cornéennes	Selon les conditions, choisir la lentille d'essai ICD™ avec cette flèche	Flèche totale @ 15 mm	Diam.	Sphère
Flèche cornéenne normale - Formes normales - Kératométries normales - Pathologies de surfaces cornéennes - Post Chirurgie réfractive	1^{ère} intention 4200 µm	3900 µm	16.5	+1.00
		4000	16.5	Plan
		4100	16.5	-1.00
		4200	16.5	-2.00
Flèche cornéenne moyenne - Kératocônes - Dégénérescences pellucides marginales - Greffes de cornée (Faible élévation)	1^{ère} intention 4500 µm	4300	16.5	-3.00
		4400	16.5	-4.00
		4500	16.5	-5.00
		4600	16.5	-6.00
Flèche cornéenne importante - Greffes de cornée (Grande flèche)	1^{ère} intention 4800 µm	4700	16.5	-7.00
		4800	16.5	-8.00
Flèche cornéenne extrême - Greffes de cornée protubérante ++ - Kératoglobes	1^{ère} intention 5300 µm	4900	16.5	-9.00
		5100	16.5	-11.00
		5300	16.5	-13.00
		5600	16.5	-16.00

Figure 66 : Guidelines du fabricant (marque LCS ICD®) pour le choix de la flèche de la première lentille sclérale [59]

➤ **La pose de la lentille :**[5]

Il faut remplir la lentille de sérum physiologique. La pose s'effectue à l'aide d'une ventouse large, position tête penchée en avant, paupières bien écartées. (Figure 67).

Il faut valider 3 critères :

- L'absence de bulles au centre, signant une pose inadaptée et imposant la repose immédiate (Figure 68) ;
- L'absence d'appui central pour un kératocône ou en paracentral pour une greffe au niveau de la jonction du greffon (en lumière bleu cobalt) ;
- L'absence de serrage et/ou bâillement des bords de la lentille au niveau de la sclère (en lumière blanche avec éclairage diffus).

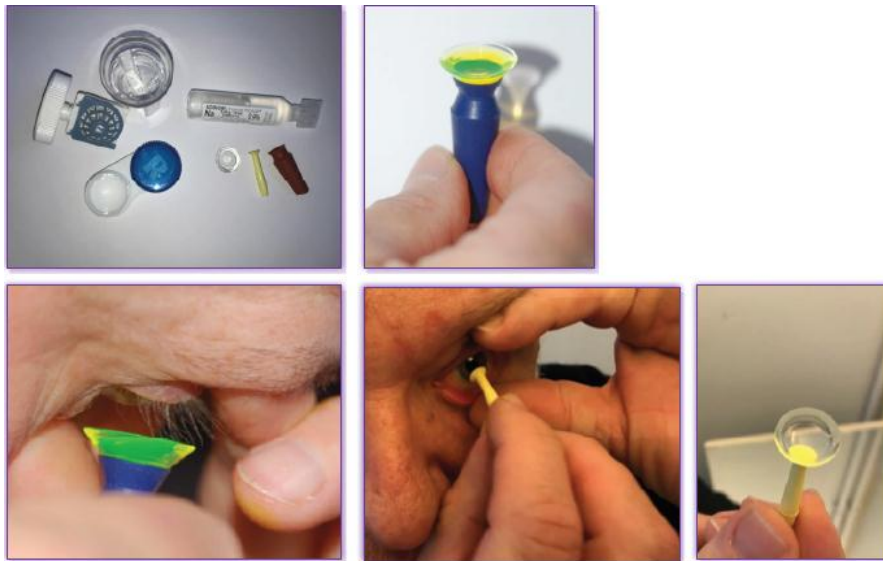


Figure 67 : Matériel pour la manipulation d'une lentille sclérale.[5]

Utiliser des ventouses adaptées à remplir de sérum physiologique au préalable.



Figure 68 : Adaptation d'une lentille sclérale.

Vérifier en Fluo l'absence de bulles à la pose.[5]

➤ **Évaluation à la lampe à fente :**

a. Évaluation du dégagement cornéen central

L'évaluation se fait à l'aide du biomicroscope, l'épaisseur du film lacrymal post lentille est comparée en coupe optique fine avec celle de la lentille sclérale. (Figure 69)

Il faut tout d'abord évaluer le dégagement cornéen central. Il n'existe pas de «règle» pour ce dernier, mais il semble qu'un dégagement ou un réservoir de larme post lentille entre 300 μm et 400 μm (égal à l'épaisseur de la lentille sclérale) est habituellement suffisant, mais il peut facilement aller jusqu'à 500 μm et plus, si souhaité, pour les lentilles de diamètres les plus importants [51].

Il faut s'assurer par la suite qu'il n'existe pas de zone d'appui. En cas d'apparition de zone dépourvue de fluorescéine après 3h de port, il faut de nouveau augmenter la flèche (= hauteur sagittale) afin d'obtenir un dégagement cornéen d'environ 200 μm . (Figure 70)

Cette évaluation du dégagement central est jugée importante car une épaisseur réduite du film lacrymal post lentille peut causer une réduction de la quantité de l'oxygène dissout en disposition à la cornée , par contre un réservoir de larme épais en post-lentille peut être responsable d'un œdème de cornée [60].



Figure 69 : Une coupe fine montrant les différents éléments à considérer en adaptation



Figure 70 :Image Fluo de la zone cornéenne centrale.[61]

b. Évaluation du dégagement cornéen périphérique :

L'évaluation de l'appui périphérique au niveau de la sclère se fait dès la pose ou après 3 heures d'attente.

c. Évaluation du dégagement limbique :[62]

La lentille doit également passer en pont sur la zone limbique, zone essentielle pour le renouvellement épithéliale car contient des cellules souches.

Tout type de compression et par conséquent de "staining" ou blanchissement limbique est considéré comme inacceptable. Les modifications du profil de la zone limbique se font de la même façon que la zone cornéenne périphérique et impliqueront également des changements de la zone centrale (Figure 71).



Figure 71 : Évaluation de la zone de clairance limbique.[61]

d. Évaluation de la zone d'appui sclérale :

Lors de l'adaptation de cette zone l'objectif est de réaliser un alignement avec la sclère (Figure 72). Sur le plan pratique l'aspect de cet alignement peut être prévu en examinant le profil cornéo-sclérale qui peut nous renseigner d'avance sur l'harmonie des surfaces lors de l'adaptation, comme il peut être évalué cliniquement à la lampe à fente, ou exceptionnellement par l'OCT .[51,62]

La zone d'appui sclérale est étroitement liée au dégagement cornéen de telle sorte qu'une zone d'appui trop "cambrée" va soulever la lentille de la cornée, créant un dégagement plus important. Nous pouvons reconnaître une lentille plate également par la présence d'un anneau de contact sur la partie intérieure de la zone de dégagement périphérique ou bien la présence des bulles d'air à ce niveau de cette dernière [62].

Ainsi peut-on conclure que le serrage des bords doit être évalué selon son importance qui va du simple blanchiment, à une interruption des petits ou des gros vaisseaux conjonctivaux voire un bourrelet compressif. Il faut étudier les 4 méridiens sans faire bouger les yeux du patient (Figure 73).

L'ouverture de la périphérie se fera soit de manière circonférentielle, soit de manière localisée, en général sur le rayon horizontal 3 h – 9 h avec le choix d'une périphérie

bi-torique [63].

À l'inverse, en cas de bâillements périphériques, les bords seront resserrés (notamment en cas de passage de bulles ou de décentrement) soit rarement sur 360°, soit de manière localisée en optant de préférence pour une géométrie périphérique torique [63].

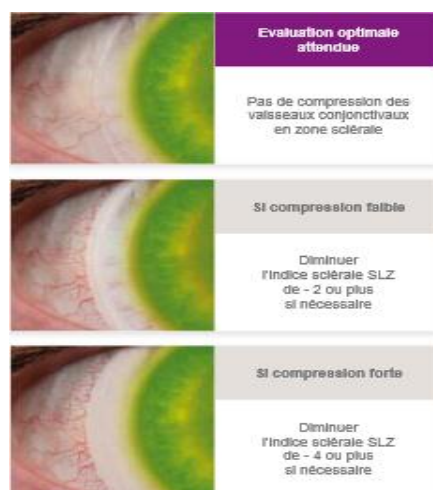


Figure 72: Évaluation de la zone d'appui sclérale [61].

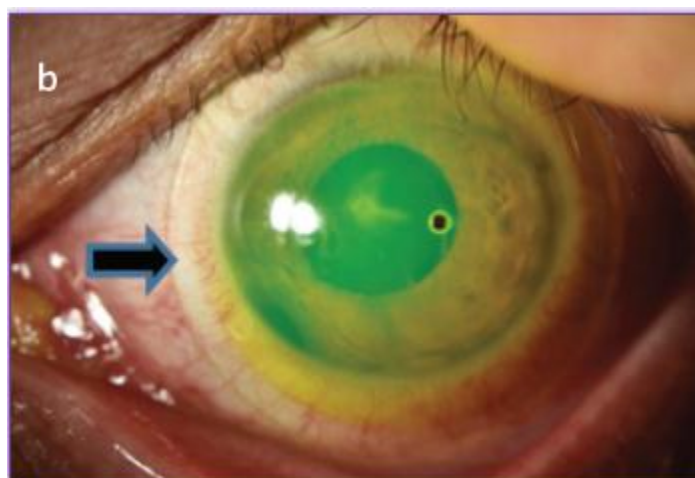


Figure 73: Blanchiment périphérique (Flèche) en rapport avec un appui scléral important [5]

➤ **Sur-réfraction**

La sur-réfraction se fait de la même manière que les lentilles rigides gaz perméables, précédemment cité.

5.3-Les autres types de lentilles utilisées dans le kératocône

5.3.1-Lentilles PIGGY-BACK :

Il s'agit d'une combinaison entre une lentille souple qui sera préférentiellement de type jetable journalière, ou en deuxième intention à remplacement fréquent, sur laquelle repose une lentille rigide.[5]

Le choix de la lentille souple est guidé par le confort qu'elle procure, et celui de la lentille rigide se fera vers un matériau de haut Dk.

Elles ne sont pas proposées en première intention car il y aurait un apprentissage double de manipulation et d'entretien (lentille souple + lentille rigide), ce qui peut être une source d'échec de l'adaptation[5] (Figure 74).

Leur intérêt réside dans l'augmentation du confort et du temps de port, amélioration du centrage de la lentille. C'est une solution transitoire pour « s'habituer aux lentilles ».

Elles sont indiquées pour les patients intolérants aux LRGP, un terrain atopique, Kératites chroniques de l'apex (avec adaptation satisfaisante), une éjections fréquentes des LRPG dans les formes évoluées. Elles sont idéales dans les formes unilatérales (ou très asymétrique) du sujet de plus de 30 ans.[5]

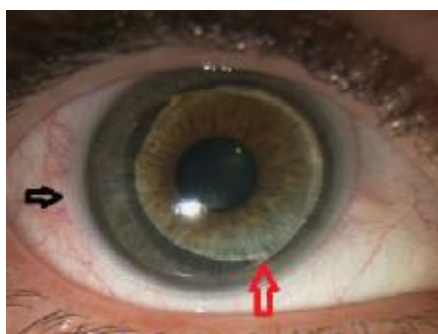


Figure 74 : Adaptation en Piggy-back :

(Flèche noire : Lentille souple, flèche rouge : lentille rigide)

5.3.2- Lentilles jumelées ou hybrides:

Une lentille hybride est la fusion d'une lentille rigide et d'une jupe (périphérie) souple.

Les caractéristiques d'une lentille hybride dépendent tout d'abord du type de cornée à équiper et ensuite des besoins visuels de l'utilisateur.[5]

Les performances visuelles doivent être identiques à celles d'une lentille rigide perméable aux gaz (LRPG) mais le confort, la stabilité et le centrage doivent être améliorés.

Pour les cornées irrégulières, l'adaptation de la zone optique, et plus généralement de la composante rigide, doit compenser l'irrégularité cornéenne ; la jupe étant responsable en grande partie du centrage et de la mobilité. [5]

Légèrement moins confortables que les lentilles souples (LS), elles restent une solution de recours en cas d'inconfort avec les LRPG ou de vision insuffisante avec les lentilles souples spéciales kératocône.[5]

6-Contrôle de l'adaptation

6.1-Rythme du suivi :

Le suivi des patients équipés en lentilles pour kératocône comporte des contrôles réguliers pour vérifier la satisfaction et évaluer l'adaptation.

Le patient est revu en consultation après 8 jours de port. L'AV et l'aspect des lentilles à la lampe à fente sont contrôlés. Ensuite les contrôles s'effectueront à 3 semaines puis à 6 mois puis chaque année, sauf dans les cas particuliers. En effet, en cas de kératocône évolutif, d'intolérance ou de complications survenues lors du port ou s'il s'agit d'un enfant, le rythme de surveillance sera plus rapproché.

Les lentilles rigides seront renouvelées un an à 2ans en fonction de leur état de surface.

6.2 Examen clinique lors des contrôles :

L'examen clinique comportera un interrogatoire et l'examen ophtalmologique habituel.[64]

➤ **Interrogatoire**

Il permettra de :

- Évaluer subjectivement le confort du patient.
- Connaitre le nombre d'heures de port par jour, et le nombre de jours de port par semaine.
- Savoir si le patient utilise des collyres mouillants pour augmenter son confort et à quelle fréquence.
- Préciser le temps de pose et de retrait des lentilles.
- Vérifier la compréhension de l'entretien.
- Rechercher des épisodes de problèmes locaux.
- Rappeler les symptômes devant conduire à enlever les lentilles et éventuellement à consulter en urgence.

➤ **AV avec les lentilles**

- Il faut mesurer l'acuité visuelle du patient avec les lentilles en monoculaire puis en binoculaire. Par la suite il est souhaitable de faire une sur-réfraction sur lentilles.
- Si l'acuité visuelle est inférieure à la première consultation d'adaptation, il faudra vérifier si le patient inverse ses lentilles et vérifier également les paramètres du flacon de lentilles d'origine.

➤ **Examen à la Lampe à fente avec les lentilles**

- Examen Sans fluorescéine :
 - Il permettra de vérifier le comportement de la lentille (mobilité, centrage, position de repos).
 - Il appréciera l'état de surface de la lentille (déformation, rayures, dépôts).
 - Il recherchera des anomalies cornéennes et/ou limbiques, notamment, une rougeur de la conjonctive bulbaire ou une conjonctivite giganto-papillaire.
- Examen avec fluorescéine :
 - Il vérifiera l'adaptation (bonne circulation des larmes).
 - Il détectera des anomalies de la cornée, du limbe ou de la conjonctive bulbaire et tarsale.

7-Entretien des lentilles de contact

L'entretien des lentilles de contact fait partie intégrante de leur prescription. Elle doit donc être notée sur une ordonnance, expliquée au patient et bien respectée par lui.

Les solutions d'entretien sont choisies en fonction de la tolérance au cours de l'adaptation, du matériau, du mode de port et du porteur. L'entretien peut se faire donc avec des solutions multifonctions, contenant 2 conservateurs pour une meilleure efficacité et une moindre toxicité. Il faut conseiller le massage et le rinçage des lentilles permettant d'éliminer les dépôts et les germes de façon mécanique.[5]

➤ **Lors de la pose :** (Figure 75)

- Se laver les mains avec du savon et les sécher ;
- Masser et rincer les lentilles en précisant bien avec la solution d'entretien ;
- Poser les lentilles ;
- Vider l'étui ;

- Laisser sécher l'étui ouvert et retourné sur un mouchoir en papier.
- **Lors du retrait :** (Figure 76)
 - Se laver les mains avec du savon et les sécher ;
 - Retirer les lentilles ;
 - Masser et rincer les lentilles en précisant avec la solution d'entretien ;
 - Remplir avec la solution d'entretien neuve et entièrement renouvelée ;
 - Fermer l'étui.
 - Et peut se faire aussi avec des solutions oxydantes, avec des étapes différentes de la précédente ;
 - **Lors de la pose :**
 - Se laver les mains avec du savon et les sécher ;
 - Pas de massage ni de rinçage avec la solution (risque de détérioration du matériau et de toxicité oculaire) ;
 - Poser les lentilles ;
 - Laisser sécher l'étui ouvert et retourné sur un mouchoir en papier.
 - **Lors du retrait :**
 - Se laver les mains avec du savon et les sécher ;
 - Retirer les lentilles ;
 - Déposer les lentilles dans les étuis spécifiques des solutions oxydantes
 - Respecter les temps de neutralisation qui varient en fonction de la solution.



Figure 75 : Étapes d'entretien des lentilles de contact lors de la pose.[65]



Figure 76: Étapes d'entretien des lentilles de contact lors du retrait. [65]

8-Complications liées à l'adaptation du kératocône en lentilles

8.1-Complications non infectieuses :

8.1.1-Complications hypoxiques

Elles sont moins fréquentes de nos jours, vu l'avènement du matériau silicone hydrogel pour les lentilles souples et des matériaux de lentille rigide à haut Dk. Elles consistaient en une hyperhémie limbique, des microkystes cornéens épithéliaux, des opacités cornéennes et au maximum des complications néovasculaires.[5]

8.1.2-Complications inflammatoires :

Une lentille constitue un corps étranger, il paraît logique que son utilisation puisse entraîner une réaction inflammatoire chez son porteur. Elle se manifeste sous formes d'infiltrats non infectieux qui peuvent prendre divers aspects selon leur morphologie, leur localisation et leur étiologie.[5]

➤ **Le Contact Lens Induced Peripheral Ulcer (CLPU) :**

Ces infiltrats uniques ou multiples sont situés à la périphérie de la cornée, de taille inférieure à 1,5 mm, de forme régulière ronde (Figure 77) ou ovale. Ils se limitent en profondeur au stroma antérieur et prennent la fluorescéine au stade précoce. La membrane de Bowman reste intacte.



Figure 77 : Aspect typique d'un infiltrat périphérique non infectieux induit par les lentilles de contact.[5]

➤ **Le Contact Lens Acute Red Eye (CLARE)**

C'est une kératoconjonctivite induite par la lentille de contact, qui se présente sous forme d'une réaction inflammatoire aiguë et douloureuse, souvent unilatérale, apparaissant au réveil après un port nocturne de lentilles de contact.[5]

On retrouve souvent un épisode infectieux ORL concomitant. L'examen clinique objective une hyper-hémie conjonctivale importante, souvent accompagnée d'infiltrats cornéens polymorphes multiples et parfois diffus. [5]

Les facteurs de risque de ces différentes formes cliniques d'infiltrats non infectieux sont le port permanent, les matériaux en silicone hydrogel et les solutions multifonctions

➤ **L'infiltrative keratitis (IK)**

Ces infiltrats sont polymorphes, de petite taille et souvent multiples. Ils ont la forme d'une kératite ponctuée superficielle. Les signes cliniques sont plus modérés.[5]

8.1.3-Complications allergiques :

Dès le début d'une adaptation, le terrain allergique doit être évalué car celui-ci multiplie par 5 la fréquence de ces complications. On observe essentiellement deux entités :

➤ **La conjonctivite gigantomégaénaire (GPC) :**

C'est une cause fréquente d'abandon des lentilles. Elle résulte à la fois d'une réponse immunoallergique immédiate et retardée due aux dépôts présents sur les lentilles, mais aussi mécanique par friction de la lentille sur la conjonctive tarsale supérieure.

Les facteurs favorisants sont le jeune âge, l'atopie, des lentilles mal entretenues ou présentant des dépôts, et le port prolongé. [5]

Les symptômes sont l'intolérance de plus en plus marquée des lentilles augmentant dans la journée, des démangeaisons et des brûlures, une mobilité accrue des lentilles présentant des dépôts. Un autre signe important est l'apparition de sécrétions muqueuses qui peuvent gêner la vision. Le diagnostic se fait à l'éversion de la paupière supérieure par la présence de papilles sur la conjonctive tarsale.

➤ **Le Solution Induced Corneal Staining (SICS):**

Ce sont des piquetés cornéens diffus prenant la fluorescéine, classiquement sous forme annulaire, et qui s'observent avec les lentilles en silicone hydrogel généralement 2 à 4 heures après la pose (Figure 78). Parfois, ce tableau est totalement asymptomatique mais il peut induire, à la longue, un inconfort et des variations d'acuité visuelle. Les solutions oxydantes sont les moins pourvoyeuses de corneal staining et d'inflammation.[5]

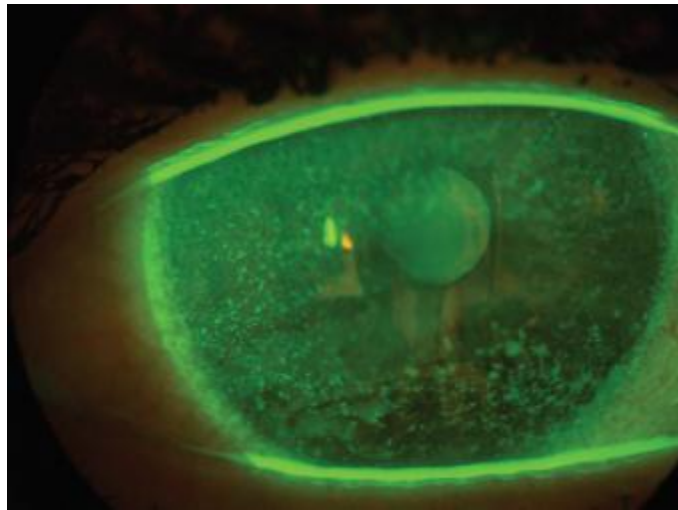


Figure 78: Solution Induced Corneal Staining (SICS)[5].

8.1.4-Complications mécaniques :

Ces complications peuvent être suspectées lors d'une sensation d'inconfort d'apparition soudaine soit à la pose de la lentille ou au cours de la journée. Cet inconfort peut s'exprimer par le patient comme une sensation de « grains de sable », de brûlures, de picotements ou encore de démangeaisons. Les causes de ces irritations mécaniques sont diverses, citons principalement [45]:

➤ Causes intrinsèques à la lentille :

- Lentille endommagée ou déchirée ;
- Lentille déplacée latéralement ou sous la paupière supérieure ;
- Lentille posée à l'envers ;
- Lentille rayée .

➤ Causes extrinsèques à la lentille :

- Présence d'un corps étranger sous la lentille (particules de maquillages, poussières, fibres de mouchoirs, cils, cheveux, fibres de vêtements, végétaux, insectes) ;

- Contamination de la lentille par une substance présente sur les doigts du porteur lors de la pause (savon ou crème pour les mains, parfum, solution hydro-alcoolique...).

Lorsque l'on suspecte une de ces causes, l'attitude à adopter est de suggérer au patient de retirer la lentille, de vérifier son intégrité, de la nettoyer puis de la rincer avec la solution d'entretien.

8.2-Complications infectieuses :

L'apport du silicone hydrogel et le renouvellement plus fréquent n'ont pas rendu le service escompté quant à la diminution des complications infectieuses, même si les complications hypoxiques ont disparu. Les kératites infectieuses peuvent être de 3 origines : bactérienne, parasitaire ou fongique. L'infection se voit plus fréquemment avec les lentilles souples qu'avec les LRGP ou les lentilles sclérales

8.2.1-La kératite bactérienne :

Le tableau clinique est celui d'un œil rouge douloureux avec photophobie, larmoiement, œdème palpébral. L'examen objective une kératite ou un abcès cornéen. Un infiltrat crémeux associé à un œdème péri-lésionnel important et des sécrétions verdâtres et à évolution rapide doit faire soupçonner la présence de *Pseudomonas*. [5]

L'évolution peut être gravissime en l'absence de traitement et entraîner la perforation cornéenne. Il est essentiel, dès le stade débutant, de noter la localisation de l'ulcère et les signes associés afin de déterminer la gravité et la conduite à tenir.

Le diagnostic est microbiologique et se fait par grattage cornéen profond des berges et de la base de l'abcès, de façon bien codifiée. Les boîtiers de lentilles, les lentilles elles-mêmes et éventuellement la solution de nettoyage doivent être analysés. [5]

Le traitement peut se faire en ambulatoire pour des kératites sans signes de gravité, et en hospitalier si présence de signes de gravité.

8.2.2–La kératite amibienne :

C'est une infection cornéenne rare mais d'incidence croissante en rapport avec le port de lentilles de contact. Les facteurs de risque sont un mésusage par utilisation d'eau du robinet pour l'entretien des lentilles de contact, les baignades avec les lentilles, utilisation de la salive et mains sales ou non séchées pour enlever les lentilles.[5]

La phase clinique précoce se résume à une kératite, des microkystes, des infiltrats ou des dendrites. La douleur intense et la kératonévrite radiaire associées au contexte de survenue sont des éléments évocateurs d'une atteinte amibienne.

Si le traitement n'est pas instauré à temps ou mal adapté, il peut apparaître un anneau immunitaire stromal qui signe l'étiologie amibienne. Les formes tardives entraînent une fonte stromale avec toutes les complications qui s'ensuivent. Le diagnostic microbiologique qui se fait sur le grattage cornéen a bénéficié d'avancées technologiques avec la PCR.

8.2.3–La kératite fongique :

C'est une affection plus rare mais gravissime. Le processus de départ est identique, à savoir une effraction épithéliale mais dans ce cas, il peut y avoir eu contact avec des végétaux ou par des objets souillés de terre ou dans un contexte d'immunodépression.

L'agent infectieux se présente sous forme de filaments, tels que le fusarium et l'aspergillus, ou sous forme de levures.

Le tableau clinique est typique d'une atteinte cornéenne infectieuse. Le diagnostic se fait par examen direct et culture du grattage profond du fond et des berges de l'ulcère. Il sera associé à un examen bactériologique car les infections bactériennes coexistent dans 1 /3 des cas. La microscopie confocale *in vivo* a permis plus récemment de détecter les filaments et de les différencier des amibes .[5]

IV–Qualité de vie et ophtalmologie

1–Notion de qualité de vie :

La notion de qualité de vie (QdV) est complexe car elle fait référence à différentes données subjectives étroitement liées à des valeurs culturelles et personnelles. Ainsi, l’OMS définit la qualité de vie comme étant la façon dont les individus perçoivent leur position dans la vie, dans le contexte de la culture et du système de valeurs dans lesquels ils vivent et en relation avec leurs buts, leurs attentes, leurs normes et leurs préoccupations. Il s’agit d’un concept large, qui intègre la santé physique d’une personne, son état psychologique, son degré d’indépendance, ses relations sociales, ses convictions personnelles et sa relation avec des éléments importants de l’environnement[43].

La qualité de vie liée à la santé peut être définie comme l’ensemble des conditions en rapport avec l’état de santé qui diminuent ou améliore le bien-être et les performances, qui interfèrent avec le rôle social ou qui altèrent ou améliore le fonctionnement psychique du sujet[66].

Au cours du XX^{ème} siècle, le système de santé de nos sociétés s’est profondément transformé, rompant définitivement avec l’ancien modèle paternaliste dans lequel il existait un rapport de force inégal entre le patient et le soignant.

De nos jours, le patient est placé au cœur du système de soins et est acteur de sa santé. Il participe pleinement aux décisions concernant sa santé. Ses attentes et exigences ont ainsi évoluées. La médecine moderne s’est adaptée en considérant le patient dans sa globalité au sein de son environnement.

C’est dans ce contexte que la notion de qualité de vie liée à la santé est apparue. Le soignant prend désormais en considération le retentissement de la pathologie sur

la vie quotidienne du patient afin de proposer une stratégie thérapeutique adaptée et en accord avec le souhait de ce dernier[67].

2-Moyens d'évaluation de la Qualité de Vie :

L'évaluation de la qualité de vie est donc devenue un outil complémentaire essentiel en médecine pour appréhender le ressenti du patient sur son état de santé parallèlement aux soins. Elle permet d'évaluer l'impact d'une pathologie ou d'une thérapeutique du point de vue du patient. [66,68]

Indépendamment de l'intérêt clinique de la mesure de la qualité de vie, il existe également un intérêt économique de cette évaluation. En effet, l'amélioration de la qualité de vie d'un patient qui bénéficie d'une thérapeutique est un critère d'efficacité de cette thérapeutique d'un point de vue économique. [66,68]

Cette nouvelle approche requiert la création de moyens d'évaluation standardisés. Ces échelles consignent les symptômes rapportés par le patient. Il s'agit donc principalement de moyens d'évaluation de critères subjectifs. Il faut distinguer les échelles génériques des échelles spécifiques d'une pathologie ou d'une population, qui offrent une plus grande sensibilité aux variations discrètes de la qualité de vie liées à une pathologie particulière.

2.1-Les échelles génériques :

Les instruments de mesure génériques sont par définition plus généraux et ont l'avantage de pouvoir s'appliquer à plusieurs domaines de la santé. En revanche, ils présentent un manque de sensibilité et ne prennent pas en compte certains éléments spécifiques d'une pathologie induisant des modifications subtiles de la qualité de vie.

En ophtalmologie, les principaux tests génériques de qualité de vie utilisés sont annotés ci-dessous (Figure 79). Ils présentent des similarités dans leur construction avec des domaines d'étude distincts, pouvant parfois être regroupés afin de

déterminer des scores sur une dimension plus générale. Devant la lourdeur de réalisation de certains tests, des versions abrégées ont été développées par la suite telles que le SIP-68 (68 items contre 136 dans la version complète), le SF-12 et le SF-8 (composé de 12 ou 8 items au lieu de 36) et enfin le WHOQOL-BREF (comportant 26 items au lieu de 100) dans le but de faciliter leur reproductibilité.

2.2-Les échelles spécifiques :

A l'inverse, les instruments de mesure spécifiques sont adaptés à une pathologie ou à un ensemble de pathologies du même domaine médical. Ils présentent une meilleure sensibilité.

Les études portant sur l'évaluation de la qualité de vie en ophtalmologie sont apparues dans les années 90. Il a fallu développer et valider des échelles abordant de manière plus approfondie les problèmes rencontrés par les patients en lien avec l'altération de leur vision. La figure présente une liste non exhaustive des questionnaires les plus fréquemment employés en ophtalmologie.

Echelles Génériques	SIP	Sickness Impact Profile	136 items 12 domaines	SIP-68
	SF-36	Short-Form 36 Health Survey	36 items 8 domaines	SF-12 SF-8
	WHOQOL	World Health Organization Quality Of Life	100 items 6 domaines	WHOQOL-BREF
Echelles spécifiques	RVSIP	Related-Vision Sickness Impact Profile		
	VF-14	Visual Function index	18 items 14 domaines	VF-7
	NEI-VFQ 51	National Eye Institute Visual Function Questionnaire	51 items 13 domaines	NEI-VFQ 39 NEI-VFQ 25

Figure 79 : Des exemples de questionnaires de qualité de vie générique et spécifique[43].

3-Contact Lens Impact on Quality of Life (CLIQ):

Le questionnaire sur l'impact des lentilles de contact sur la qualité de vie (CLIQ) est un instrument spécifique qui n'a pas fait l'objet d'études approfondies. Cependant,

sa fiabilité et sa validité ont été établies pour les patients porteurs de lentilles de contact sans autres troubles oculaires associés.[7]

Le questionnaire CLIQ comporte 28 items avec non seulement la fonction visuelle, mais également les limitations dans la vie quotidienne et les activités liées à la déficience visuelle, et l'impact de lentilles de contact sur la vie des patients de divers points de vue.[7]

Ces 28 items sont présentés sous formes de questions, Le format des questions a été maintenu aussi régulier que possible, mais différents domaines de contenu nécessitaient une syntaxe de question différente. Deux styles de questions ont été choisis : évaluation de la gravité (par exemple, combien de difficulté avez-vous . . . ?) et l'incidence (par exemple, au cours du mois dernier, combien de fois avez-vous expérimenté . . . ?). Une échelle de réponse à cinq catégories a été choisie car il s'est avéré plus utile et plus facile par rapport aux échelles de réponse à quatre et sept catégories. [7]

Le calcul du score pour les questions de 1 à 20 regroupe trois catégories de réponses et les éléments 21 à 28 quatre catégories. De plus, les items 1 à 20 (des scores bas sont meilleurs) ont une polarité opposée à celle des items 21 à 28 (des scores plus élevés sont meilleurs), donc les éléments 1 à 20 sont inversés dans leur polarité pour donner un score global plus élevé pour une meilleure qualité de vie. Donc pour les catégories (1, 2, 3, 4, 5) ; il faut attribuer (5, 4, 3, 3, 3) aux premiers 20 items et scores (2, 2, 3, 4, 5) aux items 21 à 28. La moyenne de ces 28 items donne le score brut « CLIQ ». Ainsi le score CLIQ pour un patient donné est mesuré selon la formule suivante : [6]

$$\text{CLIQ personne } x = 34.41 \times \log(\text{CLIQ score brut}/5 - \text{CLIQ score brut}) + 26.69$$

V-Comparaison de nos résultats avec les principales séries de la littérature :

Dans ce chapitre, nous allons comparer nos résultats avec ceux des principales séries de littérature.

1-Les données épidémiologiques :

Tableau 8 : Les principales caractéristiques épidémiologiques des études de QdV des patients kératocôniques adaptés en lentilles de contact.

Auteur/Année	Nombre des yeux	Age moyen	Type de lentilles de contact	Durée de Suivi (mois)
Elvin Yildiz 2014	54	29.6±8	LRPG ; LSH	4
Elisabeth J. Cohen 2009	71	42.6±13.1	LRPG ; Lentilles hybrides ; Lentilles souples toriques	17±13.4 9.9 ±6.9 20.2 ±13.7
Notre série	52	28±7	LRPG ; Lentilles sclérales	42.4

Légende : LRPG = lentilles rigides perméables au gaz, LSH = lentilles silicone-hydrogel

Notre travail portait sur 52 yeux de 30 patients. Sur le plan démographique, notre série se rapprochait plus de l'étude d'Elvin Yildiz avec un effectif de 54 yeux [69].

L'âge moyen s'étendait de 29.6 ±8 ans dans l'étude de Elvin Yildiz [69] à 42.6 ± 13.1 ans dans celle de Elisabeth J. Cohen [7]. De notre côté, l'âge moyen était 28±7 ans.

La majorité des patients (38 yeux) de notre étude était équipée en lentilles rigides perméables au gaz, et seulement 11 yeux en lentilles sclérales. A ce que nous sachons, il y a peu d'études de grande envergure dans la littérature qui s'intéresse à l'étude de la qualité de vie par le score CLIQ pour les patients ayant un kératocône et qui sont adaptés en lentilles sclérales.

La plupart étant consacrée à des lentilles rigides perméables au gaz, notamment l'étude de Elisabeth J. Cohen avec 40 yeux [7] et celle de Elvin Yildiz portant sur 30 yeux [69].

2-L'amélioration visuelle :

Notre étude mettait en évidence une très nette amélioration de l'acuité visuelle après équipement en lentilles de contact. En effet, la meilleure acuité visuelle corrigée a passé de $0,71 \pm 0,35$ logMAR à $0,083 \pm 0,11$ logMAR (p -value < 0.05). Ces résultats sont cohérents avec l'ensemble des études présentées dans le Tableau 9.

Ce résultat est parfaitement logique puisque le but principal de la prescription des lentilles de contact chez les patients ayant un kératocône était la réhabilitation d'une bonne acuité visuelle. Il également concorde avec les résultats rapportés par les grandes études de littérature.

Tableau 9 : les principaux résultats fonctionnels des études portant sur les différents types de lentilles de contact

Auteur/Année	Type de LC	AV avant équipement par LC	AV après équipement par LC	Valeur de p
Elvin Yildiz 2014	LRPG		0.06 ± 0.05	0.165
	LSH	-	0.1 ± 0.1	
Elisabeth J. Cohen 2009	LRPG		18/25	0.1
	L.Hybrides		18/25	
	L.souples toriques		20/25	
Notre série	LRGP+LCS	0.71 ± 0.35	0.08 ± 0.11	0.038

3- La qualité de vie des patients équipés :

Tableau 10 : Comparaison du temps moyen de port des Lentilles de contact et le score CLIQ moyen entre différentes études.

Auteur/Année	Type de LC	Temps moyen de port(h/j)	Score moyen CLIQ	Valeur de <i>p</i>
Elvin Yildiz 2014	LRPG		42.8 ±5.5	0.097
	LSH	-	39.6 ±5.5	
Elisabeth J. Cohen 2009	LRPG	13.5 ±2.2	45.5 ±8.2	0.8
	L.Hybrides	12.5 ±2.7	45.4 ±7.5	
	L.souples toriques	11.6 ±2.4	48.4 ±10.5	
Notre série	LRGP+LCS	9.07±2.2	45.7±1.85	0.000

Toutes les études s'accordent sur une qualité de vie meilleure par le port de lentilles de contact, et cela est évalué par un temps de port prolongé et une amélioration de l'acuité visuelle. (Tableau 10)

E.Yildiz 2014 a rapporté un score de qualité de vie amélioré après port de lentille de contact, en comparant l'acuité visuelle entre deux groupes, un a une acuité visuelle de 20/20-20/25 et l'autre de 20/32 ou moins, ses résultats étaient statistiquement significative avec $p=0.097$ [69]. Quant Elisabeth J. Cohen, elle a comparé le score CLIQ entre 3 groupe de patients adaptés par 3 types de lentilles (LRPG, lentilles hybrides et lentilles souples toriques), et elle n'a pas trouvé de différence statistiquement significative entre les 3 groupes, mais un score CLIQ moyen élevé soulignant une qualité de vie améliorée[7].

Notre étude a bien montré un score CLIQ moyen amélioré avec des résultats statistiquement significatifs avec une très bonne tolérance expliqué par la durée moyenne de port au cours de la journée.

CONCLUSION

Notre étude confirme les données récentes de la littérature concernant l'efficacité des lentilles de contact dans la prise en charge du kératocône, en termes de récupération visuelle mais également en termes d'amélioration significative de la qualité de vie des patients porteurs. Il ne semble pas y avoir de différence d'efficacité suivant le type de lentilles utilisée.

Malgré un protocole d'adaptation et une manipulation des lentilles initialement contraignante, la majorité de patients déclarent être satisfaits de leur équipement et présentent une bonne tolérance à leurs lentilles.

Le suivi régulier de ces porteurs, permet d'une part d'adapter les paramètres des lentilles en cas de progression du cône, car une lentille mal adaptée peut augmenter le risque de survenue d'opacités cornéennes et d'autres complications, comme elle peut être la cause d'une dégradation de la qualité de vie.

Actuellement, la contactologie constitue un champ d'investigation très actif, et cela grâce aux résultats des lentilles dans l'adaptation des cornées les plus difficiles. De nouvelles géométries avec différents matériaux de haute perméabilité à l'oxygène sont mises de plus en plus sur le marché, pour améliorer la qualité de l'équipement et le confort du patient, ainsi des logiciels d'aide à l'adaptation sont également mises à disposition des praticiens pour les accompagner et leur faciliter la procédure d'adaptation.

RESUME

RESUME

Titre : QUALITE DE VIE DES PORTEURS DE LENTILLES DE CONTACT POUR KERATOCONE : VERSION ARABE DU QUESTIONNAIRE « CLIQ »

Objectifs : Notre travail a pour but de déterminer l'impact des lentilles de contact sur la qualité de vie des patients avec un kératocône, et cela en utilisant le questionnaire de l'impact des lentilles de contact sur la qualité de vie « CLIQ ».

Matériels et méthodes : une étude cohorte rétro et prospective incluant des patients kératocôniques ayant consulté entre Novembre 2020 et Septembre 2021 et nécessitant une adaptation en lentilles de contact (LC). Les critères de jugement principaux étaient

L'acuité visuelle, le temps de port journalier et le score de qualité de vie (CLIQ).

Résultats :

Un total de 52 yeux de 30 patients, dont l'âge moyen était 28 ± 7 ans ont été inclus dans l'étude. La majorité des patients (38 yeux) ont été adaptés par des lentilles rigides perméables au gaz et une minorité en lentilles sclérales (11 yeux). Le recul moyen était de 42.4 mois. Le temps moyen de port journalier des LC était de 9.07 heures ± 2.2 heures. L'acuité visuelle a passé de 0.717 ± 0.35 LogMar à 0.083 ± 0.11 LogMar au niveau des deux yeux droit et gauche après port de LC ($p= 0.038$). Le score de CLIQ moyen était 45.70 ± 1.85 . Le score de qualité de vie CLIQ élevé était statistiquement significative pour le temps de port journalier prolongé avec un $p=0.000$ et l'amélioration de l'acuité visuelle avec un $p= 0.038$.

Discussion :

Nos résultats rejoignent ceux des grandes séries publiées dans ce sujet. L'amélioration de la qualité de vie des patients kératocôniques était significativement liée à un temps prolongé de port journalier des LC ; témoignant leur bonne tolérance ; et à une amélioration de l'acuité visuelle après équipement en lentille. De ce fait, les lentilles de contact rigides et sclérales sont devenues une bonne alternative thérapeutique dans le cadre de la prise en charge du kératocône.

Conclusion :

L'amélioration de la qualité de vie des patients avec kératocône équipés par lentilles de contact a été prouvée par plusieurs études. Témoignant ainsi l'efficacité et la sécurité de cet outil dans une prise en charge codifiée du kératocône. De nouvelles études supplémentaires sont nécessaires pour comparer les nombreuses lentilles actuellement disponibles et évaluer la qualité de vie pour chaque type de lentilles pour un codage unifié dans le choix de la lentille convenable.

Abstract :

Title : CONTACT LENS RELATED QUALITY OF LIFE IN PATIENTS WITH KERATOCONUS : VALIDATING THE ARAB VERSION OF « CLIQ » SCORE

Purpose: Our work aims to determine the impact of contact lenses on the quality of life of patients with keratoconus, and this by using the questionnaire of the impact of contact lenses on the quality of life "CLIQ".

Materials and methods: a retro and prospective cohort study including keratoconus patients who consulted between November 2020 and September 2021 and requiring contact lens adaptation (CL). The primary outcomes were Visual acuity, daily wearing time and quality of life score (CLIQ).

Results:

A total of 52 eyes from 30 patients, with a mean age of 28 ± 7 years, were included in the study. The majority of patients (38 eyes) were fitted with rigid gas permeable lenses and a minority with scleral lenses (11 eyes). The mean follow-up was 42.4 months. The mean daily wearing time of the CLs was $9.07 \text{ hours} \pm 2.2 \text{ hours}$. Visual acuity increased from $0.717 \pm 0.35 \text{ LogMar}$ to $0.083 \pm 0.11 \text{ LogMar}$ in both right and left eyes after wearing CL ($p = 0.038$). The mean CLIQ score was 45.70 ± 1.85 . The high CLIQ quality of life score was statistically significant for prolonged daily wear time with $p = 0.000$ and improvement in visual acuity with $p = 0.038$.

Discussion: Our results are consistent with those of the large series published in this subject. The improvement in the quality of life of keratoconus patients was significantly related to a prolonged time of daily wear of CLs; showing their good tolerance; and improved visual acuity after lens fitting. As a result, rigid and scleral contact lenses have become a good therapeutic alternative in the management of keratoconus.

Conclusion: The improvement in the quality of life of patients with keratoconus wearing contact lenses has been proven by several studies. Thus proving the effectiveness and safety of this tool in a codified treatment of keratoconus. Further new studies are needed to compare the many lenses currently available and assess the quality of life for each lens type for unified coding in choosing the right lens.

ملخص :

يهدف عملنا إلى تحديد تأثير العدسات اللاصقة على جودة حياة مرضى القرنية المخروطية، وذلك باستخدام استبيان تأثير العدسات اللاصقة على نوعية الحياة "CLIQ".

إن دراستنا تشمل مرضى القرنية المخروطية الذين استشاروا بين نوفمبر 2020 وسبتمبر 2021 ويتطلبون العدسات اللاصقة. كانت النتائج الأولية قياس حدة البصر ووقت الارتداء اليومي و جودة الحياة بعد العدسات اللاصقة.

تم تضمين ما مجموعه 52 عيناً من 30 مريضاً ، بمتوسط عمر 28 ± 7 سنوات في الدراسة. تم تزويد غالبية المرضى (38 عيناً) بعدسات صلبة نفاذة للغاز وأقلية بعدسات صلبة (11 عيناً). كان متوسط المتابعة 42.4 شهراً. كان متوسط وقت ارتداء العدسات اللاصقة 9.07 ساعة ± 2.2 ساعة. ارتفعت حدة البصر من 0.35 ± 0.717 LogMar إلى 0.11 ± 0.083 LogMar في كل من العين اليمنى واليسرى. كان متوسط درجة الاستبيان "CLIQ" 1.85 ± 45.70 . إن الدرجة العالية من جودة الحياة، ذات دلالة إحصائية بارزة خاصة مع وقت الارتداء اليومي وتحسن في حدة البصر

تتوافق نتائجنا مع نتائج السلسلة الكبيرة المنشورة في هذا الموضوع. كان التحسن في نوعية حياة مرضى القرنية المخروطية مرتبطاً بشكل كبير بوقت الارتداء اليومي للعدسات اللاصقة؛ وتحسين حدة البصر بعد العدسة. نتيجة لذلك، أصبحت العدسات اللاصقة بديلاً علاجياً جيداً في علاج القرنية المخروطية.

تم إثبات التحسن في نوعية حياة المرضى الذين يعانون من القرنية المخروطية والذين يرتدون العدسات اللاصقة من خلال العديد من الدراسات. وبالتالي تشهد على فعالية وسلامة هذه الأداة في علاج مقنن للقرنية المخروطية. هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات الجديدة لمقارنة العدسات العديدة المتاحة حالياً وتقييم جودة الحياة لكل نوع من أنواع العدسات من أجل الترميز الموحد في اختيار العدسة المناسبة.

ANNEXES

• **ANNEXE 1 :**

Qualité de vie des porteurs de lentilles de contact pour kératocône :

Version arabe du questionnaire « CLIQ »

Fiche d'exploitation :

Patient :	Nom et Prénom :	Numéro de Tél :
Age :	Sexe :	Profession :

• **Antécédents :**

1-Médicaux :

- Blépharite
- Conjonctivite Allergique
- Xérose Oculaire

○ **Port de Correction :** oui non /Types :

2-Chirurgicaux :

○ **Notion de Chirurgie Oculaire** oui non /Types

• **Les données de l'examen ophtalmologique**

▪ **Examen des Paupières :**

OD		OG	
<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Anormal	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Anormal

▪ **Acuité visuelle avant adaptation**

OD	S/C :	OG	S/C :	ODG	S/C :
	A/C :		A/C :		A/C :

▪ **Kératométrie :**

OD		OG	
Rp		Rp	
Rm		Rm	

▪ **Cornée :**

OD			OG		
<input type="checkbox"/> Claire	<input type="checkbox"/> Amincie	<input type="checkbox"/> Opacifiée	<input type="checkbox"/> Claire	<input type="checkbox"/> Amincie	<input type="checkbox"/> Opacifiée

▪ **Segment antérieur :**

OD		OG	
<input type="checkbox"/> Normal		<input type="checkbox"/> Normal	

<input type="checkbox"/> Anormal	<input type="checkbox"/> Anormal
----------------------------------	----------------------------------

▪ **Examen du Film Lacrymal :**

Test de Schirmer :

OD	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Pathologique
OG	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Pathologique

BUT :

OD	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Pathologique
OG	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Pathologique

▪ **Tonus Oculaire :**

OD	OG

▪ **FO :**

OD	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Anormal
OG	<input type="checkbox"/> Normal	<input type="checkbox"/> Anormal

• *Les données de la topographie Cornéenne*

▪ OD : Kmax :

▪ OG : Kmax :

• Stade du Kératocône :

▪ OD

<input type="checkbox"/> Stade 1	<input type="checkbox"/> Stade 2	<input type="checkbox"/> Stade 3	<input type="checkbox"/> Stade 4
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

▪ OG

<input type="checkbox"/> Stade 1	<input type="checkbox"/> Stade 2	<input type="checkbox"/> Stade 3	<input type="checkbox"/> Stade 4
----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------	----------------------------------

• *Les données en rapport avec l'adaptation*

▪ **Type de la lentille :**

- LRPG
- Lentilles Sclérales
- Lentilles Souples
- Autres :....

▪ **L'acuité visuelle après adaptation** : OD : OG :

▪ **Le temps de port** (nombre d'heures / jour) :

OD : OG :

▪ **Durée de suivi :**

▪ **Le score CLIQ**

• ANNEXE 2 : **Version arabe du score CLIQ**

1-ما مقدار الصعوبة التي تواجهها في القيادة في ظروف الوهج مع العدسات اللاصقة؟

5 -غير قادر

4 -صعب جدا

3 -صعب

3 -صعب قليلا

3 -لا توجد صعوبة

2-ما مدى صعوبة ممارسة أي نشاط في ضوء خافت بالعدسات اللاصقة؟

5 -غير قادر

4 -صعب جدا

3 -صعب

3 -صعب قليلا

3 -لا توجد صعوبة

3-خلال الشهر الماضي، كم مرة مررت بتجربة تغير أو تقلب نظرك في اليوم، سواء تحسن أو تدهور بالعدسات اللاصقة؟

5 -في كل وقت

4 -في غالب الأحيان

3 -بعض المرات

3 -مرات قليلة

3 -على الإطلاق

4- خلال الشهر الماضي، كم مرة واجهت صعوبات في التركيز بالعدسات اللاصقة؟

5 -في كل وقت

4 -في غالب الأحيان

3 -بعض المرات

3 -مرات قليلة

- 3 -على الإطلاق
- 5- خلال الشهر الماضي، كم مرة شعرت فيها عينك بالتعب أو الإجهاد بسبب العدسات اللاصقة؟
- 5 -في كل وقت
- 4 -في غالب الأحيان
- 3 -بعض المرات
- 3 -مرات قليلة
- 3 -على الإطلاق
- 6- خلال الشهر الماضي، كم مرة عانيت فيها من احمرار/ألم/حكة/حرقة/تقرح/إرهاق/رخوة أو جفاف العينين مع العدسات اللاصقة؟
- 5 -في كل وقت
- 4 -في غالب الأحيان
- 3 -بعض المرات
- 3 -مرات قليلة
- 3 -على الإطلاق
- 7- ما مدى صعوبة العناية الروتينية بالعدسات اللاصقة (مثل التنظيف واستخدام قطرات العين)؟
- 5 -غير قادر
- 4 -صعب جدا
- 3 -صعب
- 3 -صعب قليلا
- 3 -لا توجد صعوبة
- 8- ما مدى صعوبة التفكير في العدسات اللاصقة قبل القيام بالأشياء (السفر، الرياضة والذهاب للسباحة)؟
- 5 -غير قادر
- 4 -صعب جدا
- 3 -صعب
- 3 -صعب قليلا
- 3 -لا توجد صعوبة
- 9- ما مدى صعوبة حمل مواد تنظيف إضافية للعدسات اللاصقة أثناء السفر؟
- 5 -غير قادر

- 4 -صعب جدا
3 -صعب
3 -صعب قليلا
3 -لا توجد صعوبة

10- ما مدى صعوبة وضع أشياء خارجية في عينيك (مثل العدسات اللاصقة وقطرات العين)؟

- 5 -غير قادر
4 -صعب جدا
3 -صعب
3 -صعب قليلا
3 -لا توجد صعوبة

11- ما مدى صعوبة عدم القدرة على التمتع برؤية جيدة ومريحة طوال اليوم باستخدام العدسات اللاصقة؟

- 5 -غير قادر
4 -صعب جدا
3 -صعب
3 -صعب قليلا
3 -لا توجد صعوبة

12- ما مدى قلقك بشأن التكلفة الأولية والمستمرة لشراء العدسات اللاصقة الحالية؟

- 5 - إلى أبعد حد
4 - كثيرا
3 -معتدلا
3 -قليل
3 - على الإطلاق

13- ما مدى قلقك بشأن تكلفة عدساتك اللاصقة المقبلة؟

- 5 - إلى أبعد حد
4 - كثيرا
3 -معتدلا
3 -قليل
3 - على الإطلاق

14- ما مدى قلقك بشأن تكلفة الصيانة غير المجدولة للعدسات اللاصقة الكسر، الضياع ونفاذ الإمدادات؟

5 - إلى أبعد حد

4 - كثيرا

3 - معتدلا

3 - قليلا

3 - على الإطلاق

15- ما مدى قلقك من الاعتماد بشكل متزايد على العدسات اللاصقة منذ أن بدأت في ارتدائها؟

5 - إلى أبعد حد

4 - كثيرا

3 - معتدلا

3 - قليلا

3 - على الإطلاق

16- ما مدى قلقك من رؤيتك التي لا تكون جيدة كما يمكن أن تكون مع العدسات اللاصقة الخاصة بك؟

5 - إلى أبعد حد

4 - كثيرا

3 - معتدلا

3 - قليلا

3 - على الإطلاق

17- ما مدى قلقك من المضاعفات الطبية التي قد تترتب عن ارتداء العدسات اللاصقة؟

5 - إلى أبعد حد

4 - كثيرا

3 - معتدلا

3 - قليلا

3 - على الإطلاق

18- ما مدى قلقك بشأن حساسية العين/ الاصابات التعفنمية التي قد تترتب عن ارتداء العدسات اللاصقة؟

5 - إلى أبعد حد

- 4 - كثيرا
3 - معتدلا
3 - قليلا
3 - على الإطلاق

19- ما مدى قلقك من النوم بالعدسات اللاصقة؟

- 5 - إلى أبعد حد
4 - كثيرا
3 - معتدلا
3 - قليلا
3 - على الإطلاق

20- ما مدى قلقك بشأن حماية العين من الأشعة فوق البنفسجية؟

- 5 - إلى أبعد حد
4 - كثيرا
3 - معتدلا
3 - قليلا
3 - على الإطلاق

21- خلال الشهر الماضي، كم من الوقت أحسست فيه أن رؤيتك أفضل عند ارتدائك للعدسات اللاصقة؟

- 2 - على الإطلاق
2 - مرات قليلة
3 - بعض المرات
4 - في غالب الأحيان
5 - في كل وقت

22- خلال الشهر الماضي، كم من الوقت كنت سعيداً مع مظهر وجهك عند ارتداء العدسات اللاصقة؟

- 2 - على الإطلاق
2 - مرات قليلة
3 - بعض المرات
4 - في غالب الأحيان
5 - في كل وقت

- 23- خلال الشهر الماضي، كم مرة شعرت فيها أن الآخرين يرونك بالطريقة التي تودها عند ارتدائك للعدسات اللاصقة؟
- 2 - على الإطلاق
 - 2 - مرات قليلة
 - 3 - بعض المرات
 - 4 - في غالب الأحيان
 - 5 - في كل وقت
- 24- خلال الشهر الماضي، كم مرة شعرت بها بالمدح والإطراء عند ارتداء العدسات اللاصقة؟
- 2 - على الإطلاق
 - 2 - مرات قليلة
 - 3 - بعض المرات
 - 4 - في غالب الأحيان
 - 5 - في كل وقت
- 25- خلال الشهر الماضي، كم من الوقت كنت تشعر بالثقة عند ارتداء العدسات اللاصقة؟
- 2 - على الإطلاق
 - 2 - مرات قليلة
 - 3 - بعض المرات
 - 4 - في غالب الأحيان
 - 5 - في كل وقت
- 26- خلال الشهر الماضي، كم من الوقت كنت سعيداً بارتداء العدسات اللاصقة؟
- 2 - على الإطلاق
 - 2 - مرات قليلة
 - 3 - بعض المرات
 - 4 - في غالب الأحيان
 - 5 - في كل وقت
- 27- خلال الشهر الماضي، كم من الوقت كنت قادراً على فعل الأشياء التي تريد القيام بها عند ارتداء العدسات اللاصقة؟
- 2 - على الإطلاق
 - 2 - مرات قليلة
 - 3 - بعض المرات

4 - في غالب الأحيان

5 - في كل وقت

28- خلال الشهر الماضي، كم مرة كنت حريصاً على تجربة أشياء جديدة عند ارتداء العدسات اللاصقة؟

2 - على الإطلاق

2 - مرات قليلة

3 - بعض المرات

4 - في غالب الأحيان

5 - في كل وقت

REFERENCES

1. Trattler B, Kaiser PK, Friedman NJ. Review of ophthalmology [Internet]. 2012 [cité 24 juill 2021]. Disponible sur: <http://site.ebrary.com/id/10529624>
2. Ghoubay-Benalloua D. Traitement des pathologies cornéennes par thérapie cellulaire et bioingénierie tissulaire. :195.
3. PLAN D'ACTION POUR UNE ÉTUDE DE PRÉVALENCE DU KÉRATOCÔNE AU MAROC Mr Mohamed Amine ICHANE, Thèse de doctorat 2018.
4. Fournié P, Touboul D, Arné J-L, Colin J, Malecaze F. Kératocône. J Fr Ophtalmol. sept 2013;36(7):618-26.
5. rapport_les_avancees_en_contactologie.pdf [Internet]. [cité 3 oct 2021]. Disponible sur: https://www.sfo-online.fr/sites/www.sfo-online.fr/files/medias/documents/rapport_les_avancees_en_contactologie.pdf
6. Pesudovs K, Garamendi E, Elliott DB. The Contact Lens Impact on Quality of Life (CLIQ) Questionnaire: Development and Validation. Investig Ophthalmology Vis Sci. 1 juill 2006;47(7):2789.
7. Erdurmus M, Yildiz EH, Abdalla YF, Hammersmith KM, Rapuano CJ, Cohen EJ. Contact Lens Related Quality of Life in Patients With Keratoconus. Eye Contact Lens Sci Clin Pract. mai 2009;35(3):123-7.
8. Morocco, éditeur. Repartition des niveaux de vie au Maroc. Rabat: Direction de la statistique; 2002. 295 p.
9. PLACE ACTUELLE DES LENTILLES DE CONTACT DANS LE TRAITEMENT DU KÉRATOCÔNE. Thèse de doctorat le 28/06/2013, Par Mme SLASSI Nadia.
10. Bourges J-L. La cornée [Internet]. 2020 [cité 1 août 2021]. Disponible sur: <https://www.sciencedirect.com/science/book/9782294767487>
11. Remington LA, Remington LA. Clinical anatomy and physiology of the visual system. 3rd ed. St. Louis, Mo: Elsevier/Butterworth Heinemann; 2012. 292 p.
12. anatomie cornée.pdf.
13. Physiologie de la cornée.pdf.

14. CASSETTE NB Studio. Aberration sphérique – Docteur Damien Gatinel [Internet]. [cité 7 août 2021]. Disponible sur: <https://www.gatinel.com/glossaire/aberration-spherique/>
15. Kling S, Hafezi F. Corneal biomechanics – a review. *Ophthalmic Physiol Opt.* mai 2017;37(3):240-52.
16. Themes UFO. Limbus and Corneal Epithelium [Internet]. *Ento Key.* 2016 [cité 7 août 2021]. Disponible sur: <https://entokey.com/limbus-and-corneal-epithelium/>
17. Pisella P-J, Baudouin C, Hoang-Xuan T. Surface oculaire: rapport 2015 [présenté à la] Société française d’ophtalmologie. Issy-les-Moulineaux: Elsevier Masson; 2015.
18. Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ, éditeurs. *Surgery of the cornea and conjunctiva.* 3. ed. Maryland Heights, Miss.: Mosby Elsevier; 2011. 1321 p. (Cornea / Jay H. Krachmer; Mark J. Mannis; Edward J. Holland).
19. Althomali TA, Al-Qurashi IM, Al-Thagafi SM, Mohammed A, Almalki M. Prevalence of keratoconus among patients seeking laser vision correction in Taif area of Saudi Arabia. *Saudi J Ophthalmol.* avr 2018;32(2):114-8.
20. Zadnik K, Barr JT, Gordon MO, Edrington TB. Biomicroscopic Signs and Disease Severity in Keratoconus: *Cornea.* mars 1996;15(2):139-46.
21. Davidson AE, Hayes S, Hardcastle AJ, Tuft SJ. The pathogenesis of keratoconus. *Eye.* févr 2014;28(2):189-95.
22. Kératocône.P. Fourniéra, D. Touboula,, J.-L. Arnéa, J. Colina,,†, F. Malecazea,.
23. Efficacité à 1 an du protocole accéléré de cross-linking versus cross-linking conventionnel dans le traitement du kératocône évolutif: à propos de 64 cas traités au CHRU de Lille–Thèse de Doctorat par Anais Rupin–Soutenue en 2015.
24. Apport de l’imagerie dans le kératocone.pdf.

25. SINJAB MM. STEP BY STEP: reading pentacam topography. S.I.: JAYPEE BROTHERS MEDICAL P; 2020.
26. Sinjab MM. Quick guide to the management of keratoconus: a systematic step-by-step approach. Heidelberg: Springer; 2012.
27. Li Y, Chamberlain W, Tan O, Brass R, Weiss JL, Huang D. Subclinical keratoconus detection by pattern analysis of corneal and epithelial thickness maps with optical coherence tomography. J Cataract Refract Surg. févr 2016;42(2):284-95.
28. Sandali O, El Sanharawi M, Temstet C, Hamiche T, Galan A, Ghouali W, et al. Fourier-Domain Optical Coherence Tomography Imaging in Keratoconus. Ophthalmology. déc 2013;120(12):2403-12.
29. Corneal Epithelial Thickness Profile in the Diagnosis of Keratoconus. J Refract Surg. janv 2009;25(7):604-10.
30. Admin. Apport de la Tomographie par Cohérence Optique dans le kératocône [Internet]. 10/10 magazine. 2020 [cité 8 août 2021]. Disponible sur: <https://1010mag.com/apport-de-la-tomographie-par-coherence-optique-dans-le-keratocone/>
31. Mesplié N, Léoni-Mesplié S, Gallois A, Colin J, Touboul D. Dépistage aberrométrique du kératocône. J Fr Ophtalmol. oct 2011;34(8):547-56.
32. Salmon JF, Kanski JJ. Kanski's clinical ophthalmology: a systematic approach. 9th edition. Erscheinungsort nicht ermittelbar: Elsevier; 2020. 941 p.
33. Roberts CJ, Dupps WJ. Biomechanics of corneal ectasia and biomechanical treatments. J Cataract Refract Surg. juin 2014;40(6):991-8.
34. Vinciguerra R, Ambrósio R, Elsheikh A, Roberts CJ, Lopes B, Morenghi E, et al. Detection of Keratoconus With a New Biomechanical Index. J Refract Surg. déc 2016;32(12):803-10.

35. Ambrósio R, Lopes BT, Faria-Correia F, Salomão MQ, Bühren J, Roberts CJ, et al. Integration of Scheimpflug-Based Corneal Tomography and Biomechanical Assessments for Enhancing Ectasia Detection. *J Refract Surg.* juill 2017;33(7):434-43.
36. Belin MW, Kundu G, Shetty N, Gupta K, Mullick R, Thakur P. ABCD: A new classification for keratoconus. *Indian J Ophthalmol.* déc 2020;68(12):2831-4.
37. Touboul D. Les nouveaux cross-linkings du collagène cornéen. 2021;3.
38. Hafezi F, Kling S, Gilardoni F, Hafezi N, Hillen M, Abrishamchi R, et al. Individualized Corneal Cross-linking With Riboflavin and UV-A in Ultrathin Corneas: The Sub400 Protocol. *Am J Ophthalmol.* avr 2021;224:133-42.
39. Colin J, Malet FJ. Intacs for the correction of keratoconus: Two-year follow-up. *J Cataract Refract Surg.* janv 2007;33(1):69-74.
40. Ertan A, Kamburoğlu G. Intacs implantation using a femtosecond laser for management of keratoconus: Comparison of 306 cases in different stages. *J Cataract Refract Surg.* sept 2008;34(9):1521-6.
41. Albou-Ganem C, Cochener-Lamard B. Chirurgie réfractive. Paris: Lavoisier-médecine sciences; 2016.
42. Cheng YYY, Visser N, Schouten JS, Wijdh R-J, Pels E, van Cleynenbreugel H, et al. Endothelial Cell Loss and Visual Outcome of Deep Anterior Lamellar Keratoplasty versus Penetrating Keratoplasty: A Randomized Multicenter Clinical Trial. *Ophthalmology.* févr 2011;118(2):302-9.
43. Qualité de vie et satisfaction des patients équipés en lentilles sclérales-Thèse de doctorat-.pdf.
44. Bennett ES, Henry VA. Clinical manual of contact lenses. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins; 2014.
45. Complications liées au port des lentilles de contact-thèse de doctorat-.pdf.

46. Propriétés des matériaux [Internet]. [cité 12 août 2021]. Disponible sur: <http://p.jean2.pagesperso-orange.fr/lentille/rpropri.htm>
47. Binova i-Soft TD [Internet]. Contaguide. [cité 14 août 2021]. Disponible sur: <https://www.contaguide.com/290-binova-i-soft-td.html>
48. Journal d'optométrie francophone.pdf.
49. Rigid contact lens design equivalencies of overall diameter and axial edge lift.pdf.
50. Edwards K. A review of rigid lens design. Contact Lens Anterior Eye. janv 2000;23(4):106-11.
51. Scleral_Lens_Guide.pdf.
52. Contactologie–Les cahiers d'ophtalmologie 2014.pdf.
53. Tournaire–Marques É. Principales clés d'adaptation en lentilles d'un kératocône. 2019;3.
54. Colliot J–P. Principes d'adaptation d'une lentille cornéenne rigide perméable au gaz sur une cornée régulière. 2019;6.
55. Maeda N, Fujikado T, Kuroda T, Mihashi T, Hirohara Y, Nishida K, et al. Wavefront aberrations measured with Hartmann–Shack sensor in patients with keratoconus. Ophthalmology. nov 2002;109(11):1996-2003.
56. Standardized rigid contact lens fitting protocol for keratoconus.pdf.
57. kératocones et cornées irrégulières–Les cahiers d'ophtalmologie–.pdf.
58. Mesplié N, Malet F. Adaptation en lentilles du kératocône : guidelines du CNRK. 2010;3.
59. Les mini–scléales–Marie Malecaze.pdf.
60. van der Worp E, Bornman D, Ferreira DL, Faria–Ribeiro M, Garcia–Porta N, González–Meijome JM. Modern scleral contact lenses: A review. Contact Lens Anterior Eye. août 2014;37(4):240-50.

61. ICD165_Guide adaptation.pdf [Internet]. [cité 19 août 2021]. Disponible sur: https://www.laboratoire-ics.com/images/images/documentation/ICD165_Guide%20adaptation.pdf
62. Les lentilles sclérales–résultats visuels et tolérance–Mémoire de fin d'étude.Dr El bahloul meriem.
63. Rapport_les_avancees_en_contactologie–3 SFO.pdf.
64. Wagner H, Barr JT, Zadnik K. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study: Methods and findings to date. Contact Lens Anterior Eye. sept 2007;30(4):223-32.
65. Tout savoir sur les lentilles, comme alternative aux lunettes [Internet]. [cité 20 août 2021]. Disponible sur: <https://www.lunettestore.com/blog/lentilles-contact>
66. Letzelter DN. Les Etudes de Qualité de Vie en Ophtalmologie. :146.
67. Mougeot F, Robelet M, Rambaud C, Occelli P, Buchet–Poyau K, Touzet S, et al. L'émergence du patient–acteur dans la sécurité des soins en France : une revue narrative de la littérature entre sciences sociales et santé publique. Sante Publique (Bucur). 27 mars 2018;Vol. 30(1):73-81.
68. Évaluation des technologies de santé à la HAS : place de la qualité de vie [Internet]. Haute Autorité de Santé. [cité 20 août 2021]. Disponible sur: https://www.has-sante.fr/jcms/c_2883073/fr/evaluation-des-technologies-de-sante-a-la-has-place-de-la-qualite-de-vie
69. Yildiz EH, Erdurmus M, Elibol ES, Acar B, Vural ET. Contact lens impact on quality of life in keratoconus patients: rigid gas permeable versus soft silicone–hydrogel keratoconus lenses. Int J Ophthalmol. 2015;8(5):1074-7.

أطروحة رقم 21/329

سنة 2021

جودة حياة مرتدي العدسات اللاصقة لمرضى القرنية المخروطية:
النسخة العربية من استبيان « CLIQ »

الأطروحة

قدمت و نوقشت علانية يوم 2021/12/24

من طرف

السيدة أميرة بوعياذ

المزدادة في 1995/06/27 بفاس

لنيل شهادة الدكتوراه في الطب

الكلمات الأساسية

القرنية المخروطية - العدسات اللاصقة - جودة الحياة - نتيجة CLIQ

اللجنة

الرئيس والمشرف السيد ادريس ابن عطية الأندلسي أستاذ في علم أمراض العيون
الأعضاء السيدة عبدلاوي مريم أستاذة في علم أمراض العيون
 السيدة كريمة الغازي أستاذة في الطب الجماعي
 السيد فؤاد الشرايبي أستاذ مبرز في علم أمراض العيون
عضوة مشاركة السيدة مريم البهلول أستاذة مساعدة في علم أمراض العيون